

**FPGA DONANIMI ÜZERİNDE ARAÇ PLAKASI TANIMA
SİSTEMİ**

**CAR LICENCE PLATE RECOGNITION SYSTEM ON FPGA
HARDWARE**

HAKAN CANER

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

ELEKTRİK ve ELEKTRONİK Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

2006

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ELEKTRİK ve ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman) :.....
Prof. Dr. Selçuk GEÇİM

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Ali Ziya ALKAR

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Semih BİNGÖL

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Atilla YILMAZ

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Harun ARTUNER

ONAY

Bu tez/...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet R. ÖZDURAL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Canım Oğluma ve Sevgili Eşime;

FPGA DONANIMI UZERINDE ARAÇ PLAKASI TANIMA SISTEMI

Hakan Caner

ÖZ

Bu tezde akan video üzerinde FPGA donanımı kullanarak gömülü Plaka Tanıma sistemi (PTS) tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gömülü donanım için Xilinx firmasının ürünü olan kart [7] kullanılmış ve ilgili karta video arayüz oluşturulmak üzere video arayüz kartı tasarlanmış ve üretilmiştir. Algoritma tasarım aşamaları sırasında sinir ağları gerçekleştirilmiştir. Plaka alanının bulunabilmesi için Gabor filtre, yatay yönde genişletme, eşikleme ve Bağlantılı Bileşenler Analizi (BBA) kullanılmıştır. Tespit edilen plaka bölgesi birbirinden ayrı karakterlere bölütlenerek karakter tanıma sistemi için hazır hale getirilmiştir. Bundan sonraki fazda Öz düzenlemeli Harita (Self Organizing Map(SOM)) kullanılarak karakterler tanınmıştır. Bu yaklaşımların tamamı FPGA kullanılarak tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu sistemi bilgisayar kullanarak yapılan sistemlere kıyasla kendine özgü, taşınabilir bir son ürün haline getirmiştir. Sonuçlanan donanım, fiyatın ve kendi başına çalışabilirliğin önemli olduğu sistemlerde kullanılmaya uygun hale getirilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Karakter Tanıma, plaka bulma, Bölütleme, Gabor filtre, sinir ağları, VHDL, FPGA, SOM

Danışman: Prof. Dr. Selçuk GEÇİM, Hacettepe Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.

CAR LICENCE PLATE RECOGNITION SYSTEM ON FPGA HARDWARE

Hakan Caner

ABSTRACT

In this thesis we present the design and implementation of an embedded License Plate Recognition (LPR) System for raster scan video on FPGA hardware. For embedded hardware a development board (ML 402) [7] by Xilinx is used. A video interface board is designed and implemented. During the algorithm design stage neural network algorithms are utilized. Initially a Gabor filter, Dilation, Threshold and Connected Component Labeling (CCL) algorithms are used to obtain a license plate area. This detected license plate area is segmented into disjoint characters which become ready for the optical character recognition. Then the Self Organizing Map (SOM) is used to identify the characters in this phase. This approach is designed on an FPGA which makes it unique, portable as a final product and relatively more efficient than the computer based recognition systems. The resulting hardware is suitable where cost and compactness constraints are important.

KEYWORDS: Character recognition, license plate detection, Gabor filter, segmentation, neural network, VHDL, FPGA, SOM.

Advisor: Prof. Dr. Selçuk GEÇİM, Hacettepe University, Electrical and Electronics Engineering Department

TEŞEKKÜR

Çalışmanın sonuçlandırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan danışmanım Prof. Dr. Sayın Selçuk GEÇİM'e,

Çalışma süresince değerli katkıları için Yrd. Doç. Dr. Sayın Ali Ziya ALKAR'a,

Tüm kaynaklarını kullanmamda bana desteğini esirgemeyen Aselsan A.Ş'ne ve nazarında müdürüm Sayın Tuncay ERGÜN'e,

Çalışma süresince yardımlarını, hoşgörülerini esirgemeyen müdürüme ve değerli çalışma arkadaşlarıma,

VHDL kodunun oluşturulmasında bana yardımları için çalışma arkadaşım Sayın Uğur KAZANCIOĞLU'na;

Sinir ağları hakkında verdiği bilgilerden dolayı Sayın Alper UÇAR'a;

Özellikle çalışmanın gerçekleştirilmesinde beni teşvik eden ve çalışma ortamı hazırlayan eşim Sayın Kezban CANER'e, oğlum Sayın Mert CANER'e ve tüm aileme,

Teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
BÖLÜM 1	1
1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
2 ARAÇ PLAKA TANIMA SİSTEMLERİNİN TARİHİ VE VIDEO STANDARTLARI	4
2.1 Araç Plaka Tanıma Sistemlerinin Tarihi.....	4
2.2 Video Standartları.....	5
2.3 Video Formatları	8
2.3.1 RS-170 Kompozit Video	8
2.3.2 NTSC Kompozit Video.....	9
2.3.3 PAL Kompozit Video.....	9
BÖLÜM 3	11
3 TASARIM	11
3.1 Plaka Tanıma Sistemi algoritma tasarımı	11
3.1.1 Plaka Yer Saptanması.....	11
3.1.2 Plaka Karakterlerinin Bölütlenmesi.....	22
3.1.3 Karakter Tanıma Sistemi (KTS).....	23
3.2 Kullanılan FPGA kartının özellikleri	28
3.3 Tasarlanan video arayüz kartının tasarım bilgileri	31
3.4 Algoritmanın VHDL Koduna Uyumlanma Bilgileri	35
3.4.1 Sistem açılışın ayarlanması.....	35
3.4.2 Plaka Tanıma Fonksiyonları	38
BÖLÜM 4	58
4 SONUÇLAR	58
4.1 Algoritma Sonuçları	58
4.2 Donanım Uygulama Sonuçları.....	60
BÖLÜM 5	74
5 YORUMLAR	74
5.1 Gelecekteki çalışma önerileri.....	74
KAYNAKLAR	76
EKLER DİZİNİ	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 2-1 FİLM KARESİ ÇİZİLME YÖNTEMLERİ	6
ŞEKİL 2-2 SAYISAL VIDEO FORMATLARI	8
ŞEKİL 2-3 RS-170 VIDEO FORMATI.....	8
ŞEKİL 2-4 NTSC VIDEO FORMATI	9
ŞEKİL 3-1 ORJİNAL JPG (JOİNT PHOTOGRAPHİC EXPERTS GROUP) ARABA GÖRÜNTÜSÜ	15
ŞEKİL 3-2 GABOR SÜZGECİNİN ÇIKTISI.....	15
ŞEKİL 3-3 GABOR SÜZGECİNİN ÇIKTISI.....	16
ŞEKİL 3-4 LİMİTTEN GEÇİRİLMİŞ GABOR SÜZGEÇ SONUCU	16
ŞEKİL 3-5 YATAY GENİŞLETME UYGULANMIŞ RESİM DOSYASI	17
ŞEKİL 3-6 EĞİK PLAKA GÖRÜNTÜSÜ.....	18
ŞEKİL 3-7 PLAKANIN DÖRT KENARINA DÖNDÜRMEİNİN SONUCU SİYAH BÖLGE EKLENMİŞ GÖRÜNTÜ.	18
ŞEKİL 3-8 PLAKANIN DÖRT KENARINDAN SİYAH BÖLGELER ÇIKARILMIŞ GÖRÜNTÜ.	19
ŞEKİL 3-9 PLAKA GÖRÜNTÜSÜ İÇİNDE PLAKA BULMA PROGRAMINA VERİLEN GÖRÜNTÜ....	19
ŞEKİL 3-10 SARI UYARI YAPIŞTIRILMIŞ PLAKA GÖRÜNTÜSÜ.	19
ŞEKİL 3-11 MAVİ BÖLGELERİ ÇIKARTILMIŞ PLAKA GÖRÜNTÜSÜ.	20
ŞEKİL 3-12 SARI BÖLGELERİ ÇIKARTILMIŞ PLAKA GÖRÜNTÜSÜ.....	20
ŞEKİL 3-13 SİYAH-BEYAZ'A DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ PLAKA GÖRÜNTÜLERİ.	20
ŞEKİL 3-14 NORMALİZE EDİLMİŞ PLAKA GÖRÜNTÜLERİ.	21
ŞEKİL 3-15 TERS ÇEVİRİLMİŞ VE İSTENMEYEN BÖLGELERİ ÇIKARTILMIŞ PLAKA GÖRÜNTÜLERİ.	21
ŞEKİL 3-16 KOLONLARI TOPLANMIŞ PLAKA GÖRÜNTÜSÜ.....	22
ŞEKİL 3-17 ÖZ DÜZENLEMELİ HARİTA (SOM) KATMANLARI.....	26
ŞEKİL 3-18 SOM KARAKTER HARİTASI.	28
ŞEKİL 3-19 ML402 BLOK ŞEMASI	29
ŞEKİL 3-20 DONANIM BLOK ŞEMASI	31
ŞEKİL 3-21 PAL VIDEO SİSTEMLER İÇİN BT.656 8 BİT PARALEL BAĞLANTI VERİ YOLU.....	33
ŞEKİL 3-22 BT656 STANDARDINDA PAL VIDEO SİSTEMLERİ İÇİN EAV(END OF ACTIVE VIDEO) AND SAV (START OF ACTIVE VIDEO)	33
ŞEKİL 3-23 TİPİK PAL SİNYALİ DİKEY GÖRÜNÜM VE EAV SAV BAĞINTISI.	34
ŞEKİL 3-24 PLAKA YER SAPTAMA SİSTEMİ AKIŞ DİYAGRAMI	39

ŞEKİL 3-25 SATIR TAMPONLAMAMANIN İLK ÇIKTISI	41
ŞEKİL 3-26 SATIR TAMPONLAMAMANIN İKİNCİ ÇIKTISI	42
ŞEKİL 3-27 YENİ BİR SATIR İÇİN SATIR TAMPONLAMAMANIN İLK ÇIKTISI	42
ŞEKİL 3-28 İLK OLUŞTURULAN 3X3'LÜK PENCERE.	43
ŞEKİL 3-29 İKİNCİ OLUŞTURULAN 3X3'LÜK PENCERE.	43
ŞEKİL 3-30 YENİ BİR SATIR İLE İLK OLUŞTURULAN 3X3'LÜK PENCERE.	44
ŞEKİL 3-31 YENİ BİR SATIR İLE İKİNCİ OLUŞTURULAN 3X3'LÜK PENCERE.....	44
ŞEKİL 3-32 EVRİŞTİRME YÖNTEMİ (K İLE GÖSTERİLENLER GABOR KATSAYILARI)	45
ŞEKİL 3-33 GABOR FİLTRENİN ÖNCESİ VE SONRASI.....	46
ŞEKİL 3-34 İKİLİ RESİM.....	47
ŞEKİL 3-35 İKİLİ RESİM ÜZERİNDEN BAĞLANTILI BİLEŞENLER ANALİZİNİN İLK GEÇİŞİ.....	47
ŞEKİL 3-36 SON GEÇİŞTE ALINAN DEĞERLER	48
ŞEKİL 3-37 7 İLE NUMARALANDIRILMIŞ MUHTEMEL PLAKA BÖLGESİ KARAKTER BÖLÜTLEME SİSTEMİNE GÖNDERİLİR.....	49
ŞEKİL 3-38 BAĞLANTILI BİLEŞENLER ANALİZİ VIDEO ÇIKIŞI.....	49
ŞEKİL 3-39 ÖZNETELİK ÇIKARMA İŞLEMİNDEN SONRA PLAKA ÇIKIŞ VIDEO GÖRÜNTÜSÜ.....	50
ŞEKİL 3-40 YATAY YÖNDE GENİŞLETİLMİŞ KARAKTERLERİ BARINDIRAN SİYAH BEYAZ İKİLİ RESİM	50
ŞEKİL 3-41 KARAKTER BÖLÜTLEME SİSTEMİ BLOK ŞEMASI	51
ŞEKİL 3-42 SÜTUNLARI TOPLANMIŞ PLAKA GÖRÜNTÜSÜ.....	52
ŞEKİL 3-43 KARAKTERLERİ BÖLÜTLENMİŞ VIDEO ÇIKTISI	52
ŞEKİL 3-44 KARAKTER BÖLÜTLEME SİNYALI	53
ŞEKİL 3-45 BÖLÜTLENMİŞ KARAKTERLER	55
ŞEKİL 3-46 KARAKTER TANIMA VHDL İÇİN KULLANILAN ALGORİTMA	56
ŞEKİL 4-1 ON ALTI KARAKTER İÇİN SENTEZLEME SONUCU	63
ŞEKİL 4-2 TEK KARAKTER İÇİN SENTEZLEME SONUCU.....	64

TABLolar DİZİNİ

TABLO 2-1 PAL / NTSC FREKANS KARŞILAŞTIRMA TABLOSU	10
TABLO 3-1 BÖLÜTLENMİŞ PLAKA İÇİNDEKİ KARAKTER BÖLGELERİ.....	23
TABLO 3-2 FPGA 'LERİN ÖZELLİKLERİ.....	30
TABLO 3-3 CLB İÇİNDE YER ALAN MANTIKSAL BLOKLAR.	30
TABLO 3-4 GABOR FİLTRE KATSAYILARI.....	45
TABLO 3-5 İLK GEÇİŞTEKİ EŞİTLİK TABLOSU.....	47
TABLO 3-6 İLK GEÇİŞTEKİ ENTEGRASYON TABLOSU	47
TABLO 4-1 MATLAB'DA HAZIRLANAN PTS SİSTEMİNİN SONUÇLARI.....	60
TABLO 4-2 DONANIM SONUÇLARI	65
TABLO 4-3 DONANIM ÖRNEKLEME GÖRÜNTÜ SONUÇLARI	73

KISALTMALAR DİZİNİ

SMC: SubMiniature version C

PTS: Plaka Tanıma Sistemi

UART: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

IIC: Inter-IC (integrated circuits)

OGS: Otomatik Geçiş Sistemi

PYSS: Plaka Yer Saptama Sistemi

KBS: Karakter Bölütleme Sistemi

KTS: Karakter Tanıma Sistemi

FPGA: Field-programmable gate array

VHDL: VHSIC Hardware Description Language,

VHSIC: Very-High-Speed Integrated Circuit

Mini DV: Mini Digital Video (DV)

D8: Digital 8

XST: Xilinx® Synthesis Technology (XST)

ISE: ISE™ Logic Design Tools Evaluation

MATLAB: MATrix LABoratory, MATLAB is a numerical computing environment and programming language.

JPG, JPEG: Joint Photographic Experts Group

YCbCr: Y is the luma component and Cb and Cr the blue and red chroma components.

LLC: Line Locked Clock

SOM: Self Organizing Map

DC: Direct Current

RAM: Random Access Memory

EAV: End of Active Video

SAV: Start of Active Video

RAM: Random Access Memory

BBA: Bağlantılı bileşenler analizi

HAS: Harf Ayırma Sistemi

NTSC: National Television System Committee

PAL: Phase Alternation Line

CLB: The Configurable Logic Block

KISALTMALAR DİZİNİ devamı

RGB: Red, Green, Blue

CCIR: Consultative Committee for International Radio

YUV : Luminance, Chrominance (Color) Component

YIQ : Luminance, In-phase, Quadrature

BÖLÜM 1

1 GİRİŞ

Plaka tanıma sistemi trafik akış, otomobil park otomasyonu ve çeşitli taşıma v.b. uygulama alanlarında çok önemli görevleri yerine getirmektedir.

Plaka Tanıma Sistemleri genel anlamda Araç Tanıma Sistemleri olarak da adlandırılabilir ve bunlar “Aktif ” ve “Pasif” olarak ikiye ayrılabilir. Aktif sistemler lazer ya da radyo dalgaları ile araçları tanıyabilen sistemlerdir. Lazer sistemlerinde araç üzerine barkot olan bir parça yapıştırılır. Ödeme aralığından geçen arabaların tanınmasında kullanılır. Radyo frekanslı sistemler ise araç üzerine verici yerleştirilmesi ile yapılmıştır. Türkiye otoyollarında ve köprülerinde kullanılan Otomatik Geçiş Sistemi (OGS) aktif sistemlere örnek olarak gösterilebilir. OGS sisteminde araç üzerine radyo frekansında aracı tanıtan yayın yapan bir gönderici modül yerleştirilir. Sabit olarak gişede bulunan alıcı modül sayesinde araç tanınır ve aracın geçişine izin verilir.

Bu tezde verilen plaka tanıma sistemi ise pasif sistemdir. Aktif sistemlere göre iki avantajı vardır. Birincisi araç üzerine herhangi özel bir parça montajı gerektirmemektedir. İkincisi ise, plaka tanıma sisteminde video sinyali kullandığı için kullanıcılar, plakayı doğru bulup bulmadığını daha kolay kontrol edebilmektedir. Bu tezde Tasarlanan Plaka Tanıma sistemi Türkiye plakası taşıyan araçların plakalarını tanımakta kullanılabilir fakat kolayca diğer ülkelerin plakaları için uyarlanabilmektedir.

Araç takibi, trafik denetimi, radar ile hız kontrolü, otomatik köprü, otomatik park ücretlendirmesi ve otoyol geçiş sistemleri gibi gerçek zamanlı görüntü uygulamaları, yüksek başarılı, düşük maliyetli ve operatör ihtiyacı duymayan araç plaka tanıma sistemlerine ihtiyaç duyarlar. Plaka Tanıma Sistemi temelde üç alt sistemden oluşur. Bunlar: Plaka Yer Saptama Sistemi (PYSS), Karakter Bölütleme Sistemi (KBS), Karakter Tanıma Sistemi (KTS) olarak adlandırılmıştır.

PYSS modülü giriş olarak verilen video görüntüsündeki plakanın olası yerini saptayan ve plaka aday bölgelerinin koordinatlarını belirleyen bir birimdir. KBS,

aday plaka bölgelerinin koordinatlarını alarak ilgili plaka bölgesindeki karakterlerin başlangıcını ve bitişini bulmaya çalışır. Bu işlev karakterleri bölütleme işlevi olarak adlandırılır. Bölütlenmiş plaka karakterlerini KTS'nin giriş olarak kullanabileceği bir biçime getirir. Ayrıca KBS modülünde yapılan bölütleme sisteminde başarı sağlanamadığı durumda plaka aday bölgesinin plakayı içermediği bilgisinin oluşturulduğu uzman sistem de yer alır.

Eğer aday plaka bölgesi, plakayı içeriyorsa, içerdiği karakterlerin diziliş ve ölçek bilgileri analiz edilerek plaka ile kameranın arasındaki açığı belirleyen ve bu açı bilgisiyle plaka bölgesinin tam karşıdan çekilmiş görüntüsünü oluşturan modül de yer almaktadır. KBS plaka karakterlerini birbirleri ile karışmayacak ve KTS'nin karakter tanıma yüzdesini artıracak şekilde bölütleyebilmelidir. Son modül ise bölütlenmiş karakter ve rakamları sınıflandıran KTS'dir.

Yaygın olarak kullanılan plaka yer saptama yöntemleri ayrıt temelli ya da bölge temelli yaklaşımlara dayanmaktadır. [6],[10],[18] Bazı plaka tanıma sistemleri bilgisayar kullanılarak yapılan sistemlerdir. Bu tezde Matlab programı kullanılarak bilgisayar üzerinde çalışan plaka tanıma sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım donanım üzerinde çalışabilir olabilmesi için FPGA tabanlı karta uyumlanarak VHDL üzerinde FPGA kodu yazılmıştır. Bu yöntemde paralel işlemeye izin verildiği için zaman kaybı diğer sistemlere oranla daha az olduğundan dolayı otoyol köprü geçişleri, radarla hız kontrolü gibi hızlı akan trafikte kullanılabilir. [27],[35]

Diğer bir yaklaşımla plaka tanıma sistemleri kamera kullanılanlar [27],[35] ve bilgisayarda bulunan resim dosyaları üzerinden çalışanlar [1],[23],[24] olarak ikiye ayrılabilir. Matlab programı üzerinde algoritma geliştirme süresinde ASELSAN A.Ş. ve Hacettepe Üniversitesi otoparkından çekilen resimler bilgisayara kaydedilerek kullanılmıştır. Çekilen görüntüler 640X480X24 ve 1024X768X24 boyutları arasında değişmektedir. Fotoğraflar CANON marka A520 Model numaralı kamera ile alınmıştır. Donanım üzerindeki plaka tanıma sisteminde ise sürekli akan video görüntüsü kullanılmıştır. Video görüntüsü PAL standardında Mini DV ya da D8 kaset üzerine kayıt yapılmış ve bu tez için özel olarak tasarlanmış video arayüz kartı ile 4.2.2 sıkıştırma oranı kullanılarak sayısala çevrilmiştir.

Tez aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır. Takip eden bölümde Araç Plaka Tanıma sistemlerinin tarihi ve video standartlarından bahsedilmektedir. nc bölümde PTS algoritma tasarımı, kullanılan FPGA kartının özellikleri, tasarlanan video arayüz kartının tasarım bilgileri ve algoritmanın VHDL koduna uyumlanma bilgileri bulunmaktadır. Dördüncü bölümde algoritma ve donanım üzerinde yapılan denemelerin sonuçları verilmiştir. Son bölümde ise sonuç yazılmış ve gelecek için araştırma konuları önerilmiştir. EK-1 Video arayüz kartı bilgileri. EK-2 Akış diyagramı. EK-3 Video arayüz ve FPGA kartı. EK-4 Profesyonel plaka tanıma sistemleri, EK-5 ise testler sırasında kullanılan donanımları içerir.

BÖLÜM 2

2 ARAÇ PLAKA TANIMA SİSTEMLERİNİN TARİHİ VE VIDEO STANDARTLARI

Bu bölümde Araç Plaka Tanıma sistemlerinin tarihinden ve donanım uygulama aşamasında kullanılan akan video standartlarından ve formatlarından bahsedilecektir.

2.1 Araç Plaka Tanıma Sistemlerinin Tarihi

Plaka Tanıma Sistemi (PTS) araç takip, trafik kontrol, trafik akışı, araç park otomasyonu, köprü ve otoyol elektronik para toplama sistemleri ve benzeri birçok uygulamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca plaka yer saptama sistemleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır.

Tipik bir PTS üç parçadan oluşmaktadır. Bunlar: plaka yer saptama sistemi, plaka karakter bölütleme sistemi ve karakter tanıma sistemi olarak ayrılabilir. Plaka yer saptama sistemi akan video üzerinde plakanın yerini bulan ve koordinatlarını ileten sistemdir.

PTS'in ilk fazında Plaka Yer Saptama (PYS) algoritması bulunur. Bu algoritmaların başında kenar saptama ve eşikleme yöntemleri yer alır [16],[17]. Başka bir yaklaşımda ise, plakanın rengi, şekli ve dokusu [6] yer saptama için kullanılmaktadır. Bu tezde asıl referans olarak alınan diğer bir sistem ise yer saptama fazında kullanılan Gabor filtrelerdir. [1],[23],[24] Gabor filtreye ek olarak kenar saptama ve eşikleme işlemleri ile renkli veya gri seviyesinde olan resim ikili resme çevrilir.

Başka bir yöntemde ise plaka sınırları Hough dönüşüm [4],[5] kullanılarak elde edilen plakanın kenarlarından sonra belirlenmektedir. Plaka yer saptama üzerinde olan bir diğer çalışmada ise plaka içindeki karakterler [19] kullanılarak bulunmaktadır. Bu yöntemde plaka karakterlerinden histogram çıkartılır ve bu histogram kullanılarak plaka bölgesi muhtemel plaka bölgeleri içinden ayrılır.

Plaka yer saptama sisteminin ana sorunları arasında, hava koşulları ve ışıklandırma gibi çevresel faktörler, çamur gibi yabancı nesnelere, plaka üzerindeki fiziksel bozukluklar ve kameranın bakış açısı bulunmaktadır.

Plakanın bölgesi bulunduğundan sonra, karakterlerinin bölütlenmesi için birbirinden ayrı birçok yöntem vardır. Karakterleri bulmak için izdüşüm histogramları, dikey kenarlar (sınırlar) [18], morfoloji [2],[3], bağlantılı bileşenler analizi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin birbirlerine göre hem avantajları ve hem dezavantajları vardır. Bu yöntemler bazı kısıtlamalar altında çalışmaktadır. Projeksiyon histogramları plaka bölgesinin bilindiğini morfoloji ise plaka boyutlarının bilindiğini kabul eder.

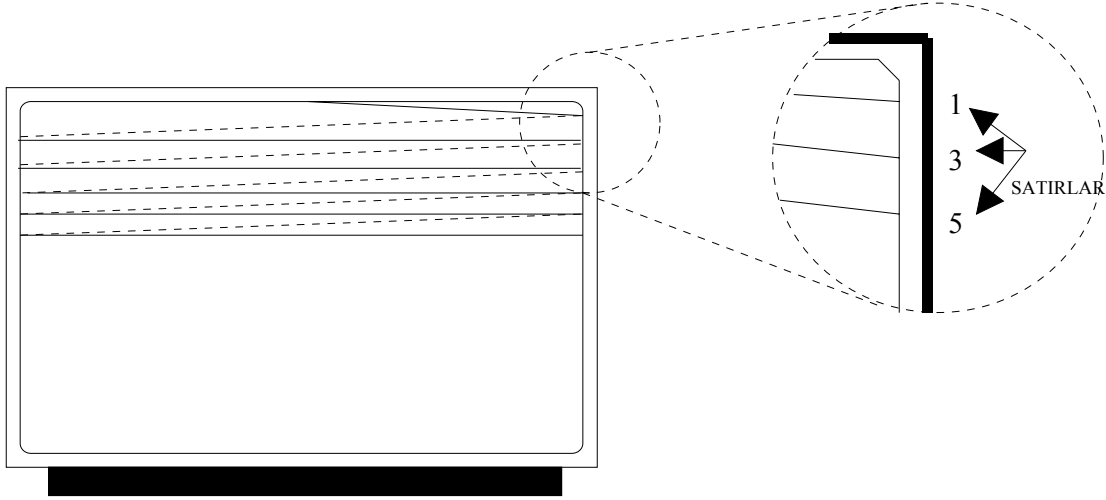
Adı geçen birçok yöntem, yazılım ile çalışabilir yapıda tasarlanmış ve üretilmiştir. Bazıları ise mikroişlemciler kullanılarak yapılan tekniklerdir. Bu tasarımlar, ürüne özel işlemciler yerine genel amaçlı üretilen işlemciler [27] kullanılarak tasarlandığından dolayı kısıtlamalara sahiptirler.

Bu tezde ise plaka tanıma sistemi için gömülü donanım tekniği üzerinde durulmuştur. Ürüne özel donanımın gerçek zamanlı çalışma ve paralel işlemler kullanması genel amaçlı üretilen işlemcileri kullanarak yapılan donanımlardan üstün avantajları olarak sayılabilir. Bu tezde anlatılan plaka tanıma sistemi kompakt yapısı gereği, yazılım ile yapılan sistemlere oranla daha düşük enerji ihtiyacı ile çalışmaktadır. PTS düşük üretim ve işletim maliyeti düşünülerek tasarlanmıştır.

2.2 Video Standartları

İki boyutlu resim bilgisinin zaman ile değişimi sonucunda üç boyutlu video oluşur. Satır bilgileri peş peşe ekrana çizilerek monitörde videonun görülmesi sağlanır. Video işareti düşey senkronizasyon sinyali ile ekrana çizilmeye başlanır. Bir satır çizildikten sonra yatay senkronizasyon sinyali çıkar ve elektron demeti bir sonraki satırın başına gider. Tüm satırlar çizildikten sonra tekrar düşey senkronizasyon sinyali gelince elektron demeti sol üst köşeye gider.

Videonun ekran çizilmesi için önce tek sayı ile numaralandırılan sahneler (odd field), ardından da çift sayı ile numaralandırılan sahneler (even field) ekrana peş peşe çizilir. Buradan tek film karesinin (frame) iki alandan oluştuğu söylenebilir. (Şekil 2-1) Böylece ekrana birim zamanda aynı sayıda çerçeve çizilse bile, efektif olarak iki kat fazla alan çizilir ve bu da insan gözünü yanıltarak titreşimi azaltır.



Şekil 2-1 Film karesi çizilme yöntemleri

Videoda renk bilgisini iletebilmek için üç bileşen gereklidir. Bunlar içinde sık kullanılan format RGB ile adlandırılır. RGB, resmin kırmızı, yeşil ve mavi bileşenleridir ve toplandığında asıl video görüntüsünü oluşturur.

Bir başka video bilgisini iletebilmek için kullanılan format ise RGB'ye benzer olarak üç bileşenden oluşmaktadır. YCbCr renk modeli CCIR (Consultative Committee for International Radio) renk modeli olarak da adlandırılmaktadır [37]. Dijital videoda kullanılır, sınıflandırma olarak televizyon yayın ailesinde yer alan bir modellemedir.

YCbCr dijital renk modellemeler için kullanılır. PAL (Phase Alternation Line) ve NTSC (National Television System Committee) sistemleri için örneksel renk modellemeleri olarak kullanılır. YCbCr renk modeli RGB, Kırmızı – Yeşil – Mavi (Red – Green - Blue) renk modelini parlaklık ve krominans bilgilerine göre ayırıştırır. Bu bilgiler genellikle sıkıştırma yöntemlerinde kullanılan bilgilerdir.

YCbCr renk modelinde, parlaklık bileşeni Y en yüksek değer olarak 219 değerini alır ve +16 sapma değerine sahiptir. Bu demektir ki, bu kodlamada siyah 16 ve

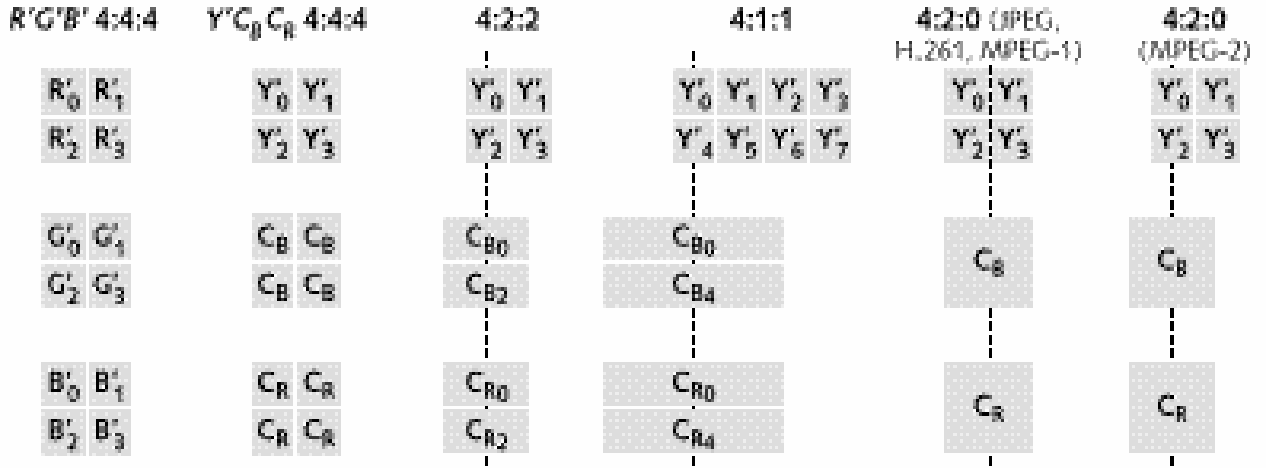
beyaz 235 olmak üzere Y, 16 ile 235 arası değer alır. Krominans bileşenleri ise Cb ve Cr'dir. Krominans bileşenler ise ± 112 değerine ve +128 sapma değerine sahiptir; bu demektir ki Cb ve Cr, 16 ile 240 arası değer alır.

RGB değerleri YCbCr renk modeline çevirmek için kullanılırken [0, 1] aralığında değer alacak şekilde normalize edilir ve bu RGB değerleri ile Y, [16, 235] aralığında; Cb ve Cr ise [16, 240] aralığında değer alır.

Denklem 2.1'de RGB' den YCbCr renk modeline çevirirken kullanılan eşitlik yer almaktadır:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112 \\ 112 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

Sayısal video sinyali içinde sıkıştırma yapılabilmesi için insan gözünün hassas olmadığı renk bilgisi azaltılabilmektedir. Bu bilgiler 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1 ve 4:2:0 yöntemleri ile birbirlerinden ayrılır. Şekil 2-2'nin sol sütununda 2x2 lik bir matrisin 4:4:4 RGB gösterimi verilmiştir. İkinci sütunda ise 4:4:4 YCbCr verilmiştir. Sekiz bitlik sayısal video sinyali düşünüldüğünde toplam 4:4:4 YCbCr ve RGB'de de 2x2'lik matris 12 byte yer kaplar. Aynı şeklin üçüncü sütununda ise kroma bileşenleri yatay ekseninde 2 faktörü ile örneklenir. Donanım içinde kullanılan video kodlayıcı ve video kod çözücü bu gösterimde çalışmaktadır. Dördüncü sütunda ise çok fazla kullanılmayan bu örnekleme tipinde (4:1:1) kroma bileşenleri yatay ekseninde 4 ile alt-örneklenir. Son iki sütunda ise 4:2:0 örnekleme tipi gösterilmiştir. Bu örnekleme tipinde ise kroma bileşenleri yatay ve düşey ekseninde 2 ile alt-örneklenir. 4:2:0 JPEG, MPEG-1 ve MPEG-2 de kullanılmaktadır.

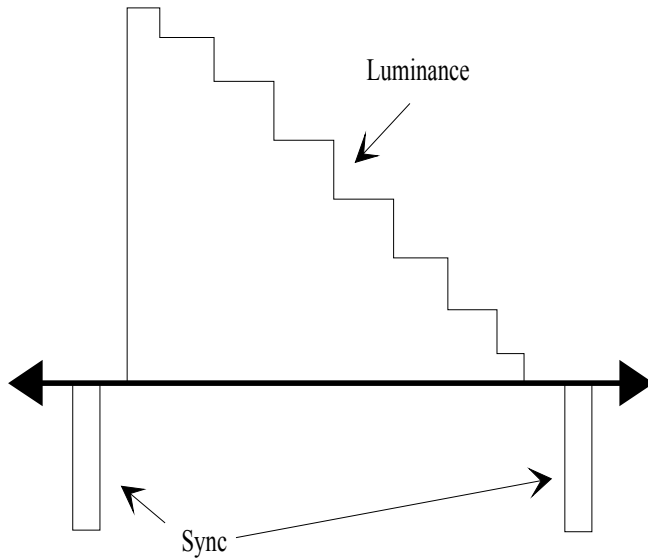


Şekil 2-2 Sayısal Video Formatları

2.3 Video Formatları

Donanımda kullanılan video kod çözücü ve video kodlayıcı örneksel video formatı olarak NTSC ve PAL video formatlarını desteklemektedir. Sayısal video standardı olarak ise 4:2:2 (YCbCr) standardını kullanır. PAL ve NTSC video formatları aşağıdaki alt başlıklarda tanımlanmaktadır.

2.3.1 RS-170 Kompozit Video

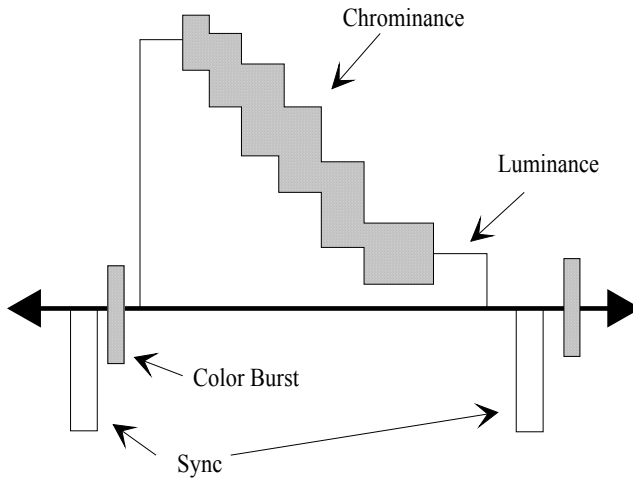


Şekil 2-3 RS-170 Video Formatı

RS-170, 1940'larda siyah beyaz televizyon yayınları için geliştirilmiş bir standarttır. Sadece luminance ve senkronizasyon sinyallerinden oluşan bu işaret iletim ve işleme açısından uygundur. Düşey senkronizasyon 60 Hz ile dikey senkronizasyon 15.75 kHz sıklığında gelir.

Şekil 2-3'de RS-170 video formatı görülmektedir.

2.3.2 NTSC Kompozit Video



Şekil 2-4 NTSC Video Formatı

NTSC ise renkli televizyon yayınları başlayınca RS-170 standardında yapılan küçük değişikliklerle elde edilen yeni standarttır. Buna NTSC 3.58 de (National Television System Committee veya Never The Same Color) denir. RS-170'e, kroma bilgisini kodlayabilmek için Subcarrier veya Color Burst adı verilen 3.58 MHz lik kısa darbe ve AM kodlanmış kroma eklenmiştir. Ayrıca bu standartta, düşey senkronizasyon 59.94 Hz, dikey senkronizasyon ise 15.734 kHz olarak değiştirilmiştir. Bunun sebebi eklenen color burst işaretidir. Luminance sinyalinin kesim frekansı 4.2 MHz tir. Subcarrier ve luminance sinyalleri bazen etkileşmektedir. Bu sebeple NTSC 4.43 standardında subcarrier frekansı 4.43 MHz'e çıkarılmıştır. Şekil 2-4'de RS-170 video formatı görülmektedir.

2.3.3 PAL Kompozit Video

Phase Alternate Line' nın kısaltması olan PAL Avrupa ülkelerinde kullanılan televizyon standardıdır. Sinyal tipi Şekil 2-4'de verilen NTSC ile aynı olan PAL'de subcarrier'ın frekansı 4.43 MHz'tir. Eğer görüntü iletilirken fazda bir kayma

oluşursa NTSC sistemlerde renk kayması oluşmaktadır. Bunu engellemek için PAL'de peş peşe gelen satırların color burst sinyali 90° kaydırılarak gönderilir. Zaten PAL'in ismi de buradan gelir. PAL'de dikey senkronizasyon 50 Hz, dikey senkronizasyon ise 16.625 kHz sıklığında gelir.

Tablo 2-1'de PAL ve NTSC video formatları için kullanılan frekanslar verilmiştir.

	<i>PAL</i>	<i>NTSC</i>
Dikey Senkronizasyon	50 Hz	59.94 Hz
Film Karesi Sıklığı	25 Hz	29.97 Hz
Piksel Taşıyıcı Frekansı	4.43 MHz	3.58 MHz
Yatay Senkronizasyon	15.615 kHz	15.734 kHz
Bant Genişliği	5-5.5 MHz	5-5.5 MHz

Tablo 2-1 PAL / NTSC Frekans Karşılaştırma Tablosu

BÖLÜM 3

3 TASARIM

Bu tezin amacı bilgisayar kullanmadan plaka tanıma sistemi geliştirmektir. Donanım üzerinde PTS'nin gerçekleşmesi için ilk önce yapılması gereken donanım mimarisine karar vermek ve bu mimariyi oluşturmaktır. Tasarım kararı olarak FPGA tabanlı kartın kullanılması uygun görülmüştür. FPGA tabanlı kart için hazır kartın kullanılması daha uygun görülmüştür.[7] Seçilen kartın video giriş ve çıkış arayüzü bulunmamaktadır. Kartın yedek olarak bırakılmış FPGA giriş çıkış uçları kullanılarak, video arayüzünü oluşturacak video arayüz kartı tasarlanmıştır. Takip eden alt başlıklarda video arayüz kartının ayrıntılarından bahsedilecektir.

Donanım içinde yer alacak olan FPGA'nin yazılımında kullanılacak algoritmanın gerçekleştirilmesi ikinci iş adımıdır. Bahis konusu olan algoritma Matlab programı kullanılarak oluşturulmuştur. Takip eden alt başlıklarda algoritmanın ayrıntılarından bahsedilecektir.

Algoritma oluşturulduktan sonra, algoritma donanım üzerinde çalışabilir koda dönüştürülmüştür. Donanım kodu Xilinx firmasının ürünü olan ISE [32],[33],[34] kullanılarak VHDL kodlama kurallarını kullanarak yapılmış ve XST [34] kullanılarak sentezlenmiş ve donanıma çevrilerek FPGA üzerine yüklenmiştir.

3.1 Plaka Tanıma Sistemi algoritma tasarımı

Plaka Tanıma Sistemi (PTS) giriş bölümünde de bahsedildiği üzere temelde üç alt sistemden oluşur:

1. Plaka Yer Saptama Sistemi (PYSS)
2. Karakter Bölütleme Sistemi (KBS)
3. Karakter Tanıma Sistemi (KTS)

3.1.1 Plaka Yer Saptanması

Plaka yer saptama modülünün amacı, giriş görüntüsünde yer alan muhtemel plaka bölgelerinin yerinin saptanması ve görüntüye ait koordinatlarının, enine ve boyuna

boyutlarının tespit edildiği modüldür. Bu işlem, plaka görüntüsü modellemeden gerçekleştirilemez. Bu nedenle, plaka yer saptama modülü giriş görüntüsündeki tüm benekleri iki ana sınıfa ayırır. Bu sınıflar içinde plaka görüntüsü olmayan bölgelere ait benekler ile içerisinde plaka olma olasılığı olan bölgelere ait beneklerdir. Plakaya ait olan tüm beneklerin koordinatları ve pozisyonları kaydedilir. Bu bölgeler plaka aday bölgeleri olarak adlandırılır. Böylelikle sadece plaka içeren bölgelere karakter bölütleme ve KTS işlemleri uygulanır. Bu işlemi yapan yöntemin özgün, yüksek başarıya sahip ve hızlı olması PTS'nin genel başarısı açısından önemlidir. Plaka aday bölgeleri, bundan sonraki tüm işlemlerin uygulanacağı, içerisinde plaka olması muhtemel ve plaka bölgesini kabaca içeren bölgelerdir. Önerilen yöntemde plaka aday bölgelerinin bulunması için bant geçiren süzgeçler olan Gabor süzgeçleri kullanılarak Gabor dönüşümü uygulanmıştır. Takip eden alt başlıklarda Gabor dönüşümünün ayrıntılarından bahsedilecektir.

Giriş görüntüsü ilk olarak Gabor süzgeçten geçirilmektedir. Elde edilen görüntü üzerindeki yüksek gri düzeye sahip (beyaza yakın) alanlar plaka olması muhtemel bölgeleri göstermektedir.

Gabor süzgeçten geçen giriş imgesi eşikleme yöntemi ile ikili imge haline çevrilir ve ardından imgeye morfolojik işlemler uygulanır.

Ortalama araç plakası boyu ve plaka karakterleri arasındaki boşluk dikkate alınarak seçilmiş uygun bir dikdörtgen yapısal eleman yardımıyla yatay yönde genişletme (dilation) uygulanır. Morfolojik genişletme işlemi sonucunda plaka bölgesi içerisinde ayrı öbekler halinde bulunan plaka karakterleri bir araya getirilmiş olur. Fakat genişletme sadece yatay ekseninde olduğu için plaka bölgesi gerçek boyutundan yatay yönde daha uzun bir hale gelmiş olur. Plaka bölgesini orijinal boyutuna getirmek için aynı yapısal elemanlar morfolojik erozyon işlemine tabi tutulur. Bu sayede plakayı içine alan bir bölge oluşturulmuş ve bu bölgenin içi tamamen doldurulmuş olur.

Bütünsel öbekler haline getirilmiş ikili resme Bağlantılı Birleşenler Analizi (BBA) (Connected Component Labelling (CCL)) uygulanarak her öbek ayrı bir kontrast seviyesi ile etiketlenir. Etiketlenen her bölgenin boy, genişlik, alan, en-boy oranı ve

resim içerisindeki koordinat bilgileri bulunur. Bu bilgiler, denemeler neticesinde saptanmış plaka kurallarından oluşan uzman sisteme giriş olarak sunulur. Kullanılan araç görüntü veri tabanında yer alan resimlerin çözünürlük bilgisi ve görüntü içerisindeki plaka bölgelerinde yapılan ölçümler neticesinde bu kurallar belirlenmiştir.

Plaka bölgesi orijinal resimden kesilip alındıktan sonra plakanın eğimi hesaplanır. Uzman eğim hesaplama sistemi sayesinde bulunan eğim kadar plaka resmi döndürülür.

GABOR Süzgeçleri

Gabor süzgeçler doku analizinde kullanılan en önemli araçlardan bir tanesidir [1],[23],[24]. Gabor süzgeçlerin değişik yön ve boyuttaki çekirdekleri kullanılarak görüntü tanıma ve doku analizinde, dönme ve boyuttan bağımsız öznitelik vektörleri elde edilebilmektedir. Fizyolojik çalışmalar insan görme sisteminde gözün birincil korteksinde bulunan hücrelerin Gabor süzgeçlerle modellenebileceğini göstermiştir [26]. Gabor süzgeçler bant-geçiren Giriş görüntüsü olan $I(x, y)$, 2D Gabor fonksiyonu olan $g(x, y)$ ile evriştirilir.

$$g_{\lambda\theta}(x, y) = e^{-\frac{(x'^2+y'^2)}{\sigma^2}} \cos(2\pi \frac{x'}{\lambda}) \quad (3-1)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta, y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

Evrişim sonucunda Gabor öznitelik görüntüsü olan $r(x, y)$ elde edilir;

$$r(x, y) = \iint_{\Omega} I(\xi, \eta) g(x - \xi, y - \eta) d\xi d\eta \quad (3-2)$$

Gauss bileşeninin standart sapması olan σ ağırlıklandırılmış toplama dahil edilecek bölgenin boyutunu belirler. λ Parametresi ise sinüsel fonksiyonun dalga boyunu göstermektedir. $1/\lambda$ Değeri ise $\cos(2\pi x'/\lambda)$ harmonik çarpanının frekansını vermektedir. x'/λ oranı ise Gabor süzgecinin uzamsal ve frekans bant genişliğini

vermektedir. Açı parametresi olan θ Gabor süzgeçlerinin dönmesini ayarlamaktadır. $I(\xi, \eta), \xi, \eta$ giriş görüntüleridir.

Bu uygulamadaki tüm Gabor süzgeç çekirdekleri bir ana çekirdeğin boyutları değiştirilerek ve çevrilerek oluşturulmuştur. Evrişim sonunda elde edilen Gabor süzgeç cevapları plakanın yerinin saptanmasında doğrudan kullanılacaktır. Gabor süzgeç çekirdekleri plaka karakterlerin genel karakteristikleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bu yüzden kullanılan Gabor süzgeçler plaka bölgesinde en yüksek cevabı üretmektedir. Gabor süzgeçlerle evrişimden sonra araç görüntüsünde araç karakteristiği taşımayan bölgeler ise kısmen bastırılmış olmaktadır. Üç değişik boyut ve 4 ayrı yöne sahip Gabor çekirdekleri kullanılarak yapılan denemeler neticesinde, dönmenin olmadığı plakalar için, en yüksek bilgiye sahip Gabor cevabını dikey Gabor çekirdeğinin verdiği saptanmıştır.

Gabor süzgeçleri iki farklı frekansta girilen görüntüye uygulanarak sonuçlar her bir Gabor süzgeci için otomatik olarak belirlenen iki farklı eşik (threshold) ile karşılaştırılır. Tek bir siyah beyaz görüntü oluşturulur. Her iki Gabor süzgeci de yapılan denemelerle tespit edilen X eksen varyansı (S_x) için 15, Y eksen varyansı (S_y) için 11 olan Gabor süzgeçleri oluşturulmuştur. Bir numaralı Gabor süzgecinin frekansı 1024 olarak ayarlanmıştır.

Gabor süzgecine giren görüntü Şekil 3-1'de verilmiştir.



Şekil 3-1 Orijinal JPG (Joint Photographic Experts Group) araba görüntüsü

Orijinal JPG görüntü bir numaralı Gabor süzgece uygulanır. Gabor süzgecinin kullandığı sinüsel fonksiyonun frekansı 1024 ve açısı 90 derecedir. Bir numaralı Gabor süzgecinin çıktısı Şekil 3-2'de görülebilir.



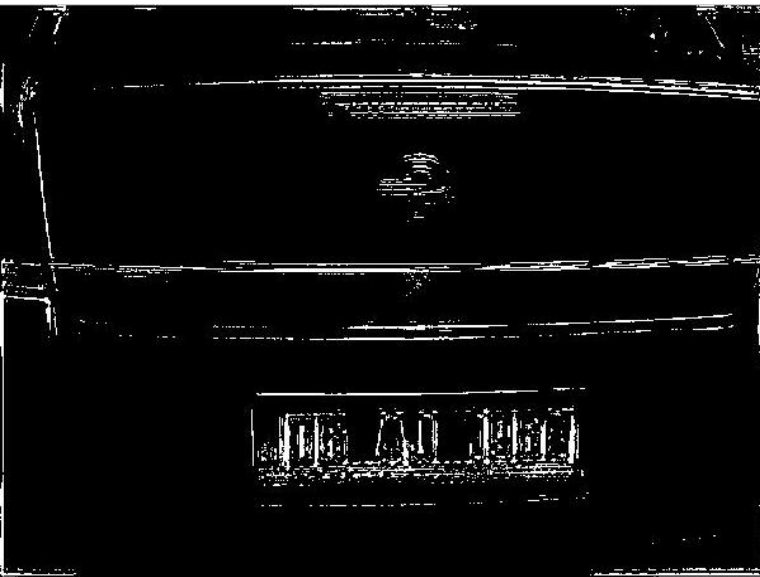
Şekil 3-2 Gabor süzgecinin çıktısı

Orijinal JPG görüntü iki numaralı Gabor süzgece uygulanır. Gabor süzgecinin kullandığı sinüsel fonksiyonun frekansı 2048 ve açısı 90 derecedir. İki numaralı Gabor süzgecinin çıktısı Şekil 3-3'de görülebilir.



Şekil 3-3 Gabor süzgecinin çıktısı

Gabor süzgeçlerinin sonuçlarında görüldüğü gibi dikey olan köşeler (çizgiler) ve olası plaka bölgeleri resimlerden ayrılır. Her iki Gabor süzgecinin çıktısı otomatik olarak oluşturulan eşik (threshold) ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırmanın sonucunda elde edilen çıktı Şekil 3-4'de görülebilir.



Şekil 3-4 Limitten geçirilmiş Gabor süzgeç sonucu

Yukarıdaki resimden de görüldüğü gibi araç üzerindeki yatay ve dikey çizgiler (köşeler) belirgin hale gelmiştir. Belirgin hale gelen çizgilerden en çok belli olanı plaka bölgesidir. Tüm dikey çizgilere yatay genişletme uygulanacaktır.

Yatay genişletme (dilation)

Yatay genişletme işlemi tüm dikey çizgilere plaka harfleri arasındaki genişlikler hesaplanarak 13 piksel boyutunda ve 1 piksel genişliğinde dikdörtgensel genişletme uygulanmıştır. Uygulanan dikey genişletme sonrası elde edilen resim dosyası Şekil 3-5'de görülebilir.



Şekil 3-5 Yatay genişletme uygulanmış resim dosyası

Siyah beyaz olan resim dosyasının özellikleri çıkartılır (imfeature). Çıkartılan özellikler resim içindeki beyaz bölgelerin alanları, x ve y eksenindeki uzunlukları başlangıç ve bitiş noktalarıdır.

Öznitelik çıkartma ile bulunan beyaz alanlar en büyük alandan başlayarak plaka bölgeleri ihtimali değerlendirilir. Gabor süzgeçlerinin özelliği olarak kenar noktalarda beyaz çizgiler görülmektedir. Bu çizgiler devamlı olduğundan dolayı öznitelik içinde büyük alan tutmaktadır. İlk değerlendirilen alanlar arasında genellikle bu alanlar bulunmaktadır. Resimlerin bitiş ve başlangıç noktalarında

plaka olmayacağı değerlendirildiğinden bu bölgeler ihmal edilmektedir. Sıradaki en yüksek alana sahip bölge seçilir ve bu bölgede plaka aranır.

Plaka eğiklik bulma programına plaka bulma programından elde edilen koordinatlarla orijinal resim içinden kesilen olası plaka bölgesi gönderilir. Yukarıdaki örnekte kullanılan aracın plakasında eğiklik olmadığı için farklı bir aracın plakası üzerinden eğiklik düzeltme algoritmasının nasıl çalıştığı tanımlanacaktır.

İlgili resim içindeki yatay çizgiler dikkate alınarak plakanın resim içinde eğik durup durmadığı kontrol edilir. Eğik durumdaki plaka bölgesi Şekil 3-6' da görülebilir.



Şekil 3-6 Eğik plaka görüntüsü

Plakadaki eğiklik oranında resim kendi ekseni etrafında döndürülür. Yukarıdaki şekilden de görüldüğü üzere plakanın eğikliğinden dolayı üstte ve altta daha fazla siyah bölge bulunmaktadır. Ayrıca döndürme sonucu plaka resminin dört kenarına fazladan siyah bölgeler eklenecektir. Siyah bölge eklenmiş görüntü Şekil 3-7'de verilmiştir.



Şekil 3-7 Plakanın dört kenarına döndürmenin sonucu siyah bölge eklenmiş görüntü.

Görüntü içindeki siyah bölgeler iki resim arasındaki boyut farkının iki katıdır. Dolayısıyla bu farkın yarısı plakanın dört kenarından çıkarılır. Dört kenardan

Çıkarılmış siyah bölgelerden sonra elde edilen görüntü Şekil 3-8'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3-8 Plakanın dört kenarından siyah bölgeler çıkarılmış görüntü.

Muhtemel plaka bölgesi daha geniş seçilmiş olabileceğinden sadece karakterlerinin bulunduğu plakanın bulunabilmesi ve plaka içindeki mavi ve sarı bölgelerin resimden çıkartılması için plaka yer saptama sistemi tekrar çalıştırılır. Bu program öncesi plaka bölgesinin görüntüsü Şekil 3-9'daki gibidir. Şekilde de görüldüğü gibi plaka bölgesi içinde mavi olarak bulunan başlangıç bölgesi ve plakanın araç üzerine monte edilmesinde kullanılan aynı zamanda ilgili firmaların reklmlarının taşındığı bölge bulunmaktadır.



Şekil 3-9 Plaka görüntüsü içinde plaka bulma programına verilen görüntü.

Ayrıca bazı plakalarda plakanın verildiği tarihi gösterilen sarı uyarılar plaka içine yapıştırılmıştır. Buna rnek olarak Şekil 3-10'daki plakadan görülebilir. Ayrıca bazı araçlarda plakalar vida ile tutturulmuştur. Dolayısıyla bu vida ve sarı işaretler karakterler ile karıştırılabileceğinden plaka üzerinden çıkartılır.



Şekil 3-10 Sarı uyarı yapıştırılmış plaka görüntüsü.

Yukarıdaki iki şekilde verilen plakalar uzman plaka içinde plaka bulma programına gönderilir.

Plaka içinde Plaka bulma programında tüm gelen plakalar içindeki mavi ve sarı noktalar renk analizi sayesinde bulunur. Bulunan bu noktaların üzerileri beyaz örtü ile kapatılır. Eğer mavi bölge tam olarak bulunduysa mavi bölgenin sağındaki bölge plakadır varsayımından yararlanılarak sağ tarafı alınır. İlk plakada bu yöntem denenmiş ve mavi bulunmasının sonucunda plaka kesin olarak alınmıştır. Alınan plakanın görüntüsü Şekil 3-11'den görülebilir.



Şekil 3-11 Mavi bölgeleri çıkartılmış plaka görüntüsü.

İkinci plakada bulunan sarı bölgeler resim içinden çıkartılarak karakterlerin içine karışması engellenmiştir. Şekil 3-12'de sarı bölgelerden arındırılmış plaka görülebilir.



Şekil 3-12 Sarı bölgeleri çıkartılmış plaka görüntüsü.

Elde edilen plaka görüntüsü gri tonlarına çevrilir ve plakaya özgü hesaplanan uygun bir limit (threshold) kullanılarak resim siyah-beyaz haline getirilir. Siyah beyaz hale getirilmiş plaka görüntüleri Şekil 3-13'de görülebilir.



Şekil 3-13 Siyah-Beyaz'a dönüştürülmüş plaka görüntüleri.

Siyah beyaz plaka resimleri her plakaya aynı karakter bölütleme ve karakter tanıma programlarının çalıştırılabilmesi için 50X200 boyutuna normalize edilir. Bu boyut ortalama bir plakanın resim içinde olabileceği en küçük piksel boyutlarıdır. Normalize edilmiş görüntüler Şekil 3-14'den görülebilir.



Şekil 3-14 Normalize edilmiş plaka görüntüleri.

Normalize edilmiş plakalar üzerinde karakter harici bölümlerin olduğu görülmektedir. Özellikle plakaların başlangıcı, bitişi, altı ve üstünde plakaların çerçevelerinden dolayı resme gelen siyah uzun çizgiler bulunmaktadır. Ayrıca montaj vidaları da plaka içindeki karakter harici bölümler olarak görülür.

Tüm bu karakter yapısını bozan bölümlerin plaka içindeki resimden çıkartılması için çalıştırılan algoritma parçasının sonucu Şekil 3-15'den görülebilir. Alttaki ve üsteki kesme işleri tamamlandıktan sonra resim tekrar verilen boyutlara normalize edilir. Ayrıca resim ters çevrilerek karakter bölütleme sistemi için hazırlık yapılmıştır. Sonuç Şekil 3-15'den görülebilir.



Şekil 3-15 Ters çevrilmiş ve istenmeyen bölgeleri çıkartılmış plaka görüntüleri.

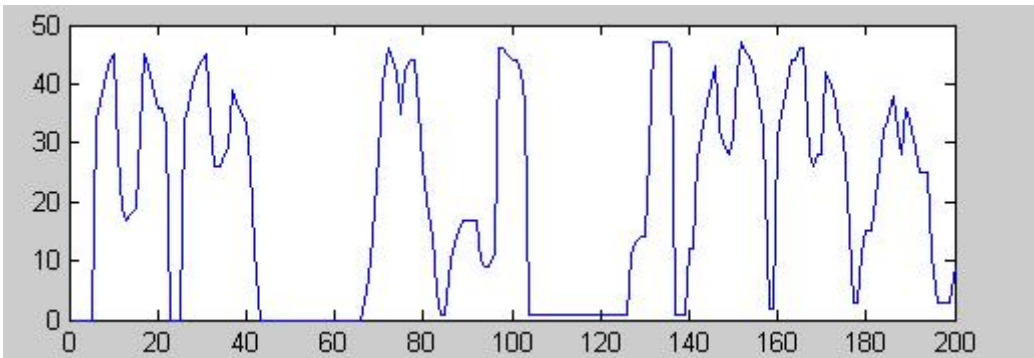
Plaka karakterlerinin bölütlenmesi için hazır hale gelmiştir. Oluşturulan resim karakter bölütlenmesi için uzman karakter bölütleme sistemine gönderilir.

3.1.2 Plaka Karakterlerinin Bölütlenmesi

KBS'nin amacı bir önceki modül olan PYSS'den gelen plaka aday bölgelerinde, plakaya ait karakterleri/rakamları karakter tanıma programından en yüksek başarıyı verecek şekilde bölütlemek ve bölütlenen karakter sayısını kontrol ederek PYSS'den gelen plaka aday bölgesinin gerçek plaka bölgesi olup olmadığına dair son kontrolü yapmaktır. Araç plakasına ait görüntü sabit artalan üzerinde yüzen, birbirine benek komşuluğu olmayan ve artalanla arasında yüksek kontrasta sahip, genellikle aynı ebatlardaki karakter ve rakamlardan oluşmuş dikdörtgensel alandır. Plaka üzerinde yer alan, plaka karakteri olma kurallarına uyan ve plaka üzerindeki başka bir nesneye değmeyen bölgeler plaka karakter aday bölgesi olarak belirlenecek, diğer bölgeler ise silinecektir.

Yukarıda belirtildiği gibi KBS'nin görevi plaka üzerindeki rakamın / karakterin kesim noktalarını bulmaktır. KBS kesim noktalarını kullanılarak resim içinden alınan karakter bölgelerini bir sonraki modül olan optik karakter tanıma sistemine gönderir. Bu işlemler PYSS'den gelen tüm aday bölgelere uygulanmaktadır.

Karakterlerin / rakamların kesim noktalarını bulmak için tüm resim içindeki kolonlar toplanır ve plaka bir satır haline getirilir. Bu satırlar kolon üzerindeki tüm bilgilerden oluşmaktadır. (Şekil 3-16).



Şekil 3-16 Kolonları toplanmış plaka görüntüsü.

Şekil 3-16'dan da görülebildiği üzere plakanın kolonları toplandığında karakterlerin olduğu bölgelerde yükselti gözlenmektedir. Satırın tüm elemanları daha önceden deneysel olarak hesaplanmış bir değer olan limit değeri ile karşılaştırılır. Limitin

altında kalan bölgeler karakterlerin olmadığı bölgeleri göstermektedir. Karakterlerin başladığı ve bittiği değerler otomatik olarak bulunur.

Türkiye'deki plakalar düşünüldüğünde ya 7 ya da 8 karakterli plaka bulunması gerekliliği üzerinden gidilerek eğer bulunan karakter sayısı 7'den küçükse limit değeri artırılarak tekrar karşılaştırma yapılır. Ayrıca 200 piksel olan toplam plaka uzunluğunda bir karakterin en az ve en çok kaplaması gereken alanlar ile bölütlenen alanlar karşılaştırılır. Bir karakter alanından küçük olan alanlar doğrudan silinir ve kalan bölütleme alanları üzerinden işlemlere devam edilir. Bir karakter alanından büyük olan alanlar için tekrar bölütleme yapılır. Fakat bu kez daha büyük limit değeri kullanılarak bölütleme bölgeleri bulunur. En az 7 bölütleme bölgesi bulunana kadar bu işlem tekrarlanır.

Toplamda en az 7 en fazla 8 bölütleme bölgesi bulunamıyorsa alınan bölge plaka bölgesi değildir kararı verilir ve bir sonraki muhtemel plaka bölgesi için aynı işlemler tekrarlanır. Karakter bölütleme sonrası elde edilen karakter bölgeleri pozisyonları Tablo 3-1'de verilmiştir.

Konum numarası	Başlangıç Piksel numarası	Bitiş Piksel numarası
1	5	23
2	23	43
3	66	84
4	84	104
5	126	137
6	137	158
7	158	177
8	177	196

Tablo 3-1 Bölütlenmiş Plaka içindeki Karakter bölgeleri.

3.1.3 Karakter Tanıma Sistemi (KTS)

Genel olarak kalıp eşleme [10] ve sinir ağları [20],[21] birçok karakter tanıma sistemleri için tercih edilen yöntem olmuştur. [8]. Kalıp eşleme birçok karakterin değişik font ve kalınlık kütüphanesine ihtiyaç duymaktadır. Bu sebepten çok pratik

olmamaktadır. Sinir ağları çok geniş karakter örnekleri ile öğrenir ve daha sonra oluşturulan katsayılar karakter tanıma fonksiyonları için kullanılmaktadır. z düzenlemeli haritanın (The self-organizing map (SOM)) [13] ise optik karakter tanıma olarak geniş bir kullanım alanı vardır. [11],[12]. Bu tezde Matlab ve donanım üzerinde SOM gerçeklemesi yapılmıştır.

Sinir Ağları yöntemi ile karakter tanıma

Sinir ağları ile karakter tanıma için en çok kullanılan yöntem ileri beslemeli geri yayılımlı (Feed Forward Back Propagation) [6],[21] sinir ağları ile yapılan yöntemdir. Bu tezin algoritma geliştirme safhasında ileri beslemeli geri yayılımlı sinir ağı kullanılmasına karşın çok katmanlı oluşu ve VHDL koduna uyarlanması zor olduğundan dolayı ileri beslemeli geri yayılımlı sinir ağı yerine öz düzenlemeli harita (self-organizing map (SOM) [11],[13]) algoritması da geliştirilerek VHDL zerine uygulanmıştır. SOM sistemi için geliştirilen algoritmanın da tasarım bilgileri verilecektir.

Sinir Ağı grupları oluşturma

Türkiye’de kullanılan plakaların üzerindeki harf-rakam sıralaması dşnldğnde 8 karakterli bir plakada ilk iki karakter ve son dört karakterin rakam olması zorunludur. nc ve dördüncü karakterin ise harf olması zorunludur. Fakat tespit edilen plaka yedi karakterli ilk iki ve son iki karakter rakam, üçüncü karakter harf olmak zorundadır. Dördüncü ve beşinci karakteri ise harf ya da rakam olma olasılığı eşittir.

Bu kısıtlamalar göz önüne alındığında karakterler 3 guruba ayrılabilir. Her grup kendi sinir ağını oluşturacak ve karakter sınırlaması gereği kendi sinir ağları ile simülasyon yapacaktır.

Net_harf:ABCDEFGHIJKLMNPRSTUVYZ

Net_rakam:0123456789

Net_birlikte: 0123456789ABCDEFGHIJKLMNPRSTUVYZ

Sinir ağı oluşturma

Plaka üzerinden bölütlenmiş olarak alınan karakterler daha sonraki karakter tanıma işleminde kullanılmak üzere bilgisayara kaydedilir. Sinir ağı oluşturma için daha önce kaydedilmiş bu resim dosyaları kullanılır.

Resim dosyaları iki boyutlu bir matris niteliğinde okunur. Bu matris 24X18 boyutunda tekrar şekillendirilir. 24X18 boyutu bir karakterin kaplaması hesaplanan boyuttur. Gri seviyesinde olan resim Siyah/Beyaz'a çevrilir ve vektöre dönüştürülür. Toplam vektör boyutu 432 pikselden oluşmaktadır. Tüm resim dosyaları "0" dan başlayarak. Teker teker yukarıda tarif edilen işlemden geçirilir. Net_birlikte kullanılacaksa tüm vektörler yan yana yazılarak kolon sayısı 33, satır sayısı ise 432 (24X18) olan matrise dönüştürülür. Sinir ağlarının çıktısı olan hedef dosyası da köşesal değerleri "1" diğerleri "0" olan 33X33'lik matris oluşturulur.

Matlab üzerinde hazırlanan sinir ağı için ileri beslemeli geri yayımlı sinir ağları kullanılmaktadır. Giriş katmanı 432 (24X18) sinirden (neuron) oluşur. Çıkış katmanı ise hangi net'i kullandığınıza göre değişir. Eğer Net_rakam kullanılmış ise 10, Net_harf kullanılmış ise 23 ve Net_birlikte kullanılmış ise 33 çıkış vardır.

Sinir ağı öğretme

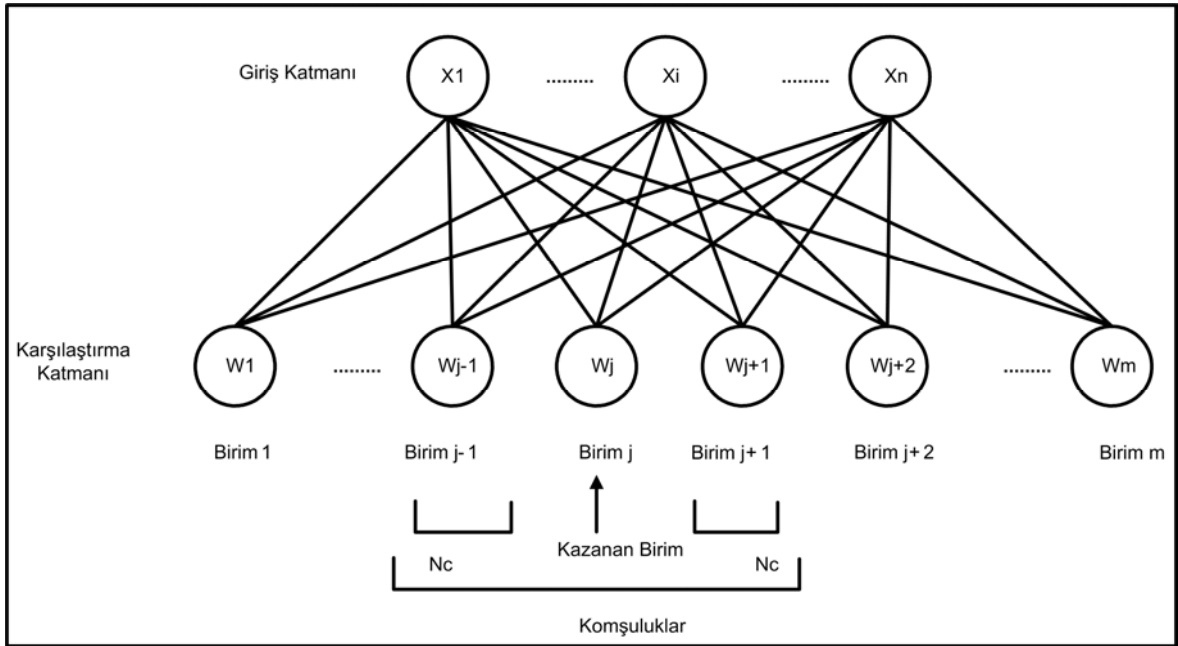
Her bir sinir ağı ileri beslemeli hesaplarda kullanılan ağılıkları ve yönlendirmeleri ayarlayarak öğretilir. Bu öğretim karakter tanımadaki kullanılacaktır. Her bir Net oluşturmak için sekiz adet karakter seti kullanılır. Böylelikle her bir yeni gelen karaktere sinir ağı hazırlıklı olmaktadır. Sinir ağı öğretme fonksiyonuna vektör haline getirilmiş harf görüntüleri verilir. Sistem arka arkaya defalarca öğretim algoritmasını çalıştırarak en uygun sinir ağı parametreleri oluşturulur. Kullanılan algorithmada Matlab'ın hazır fonksiyonları kullanılmıştır. Kullanılacak parametreler uzun iterasyonlar sonucu belirlenmiştir.

İleri beslemeli geri yayımlı Sinir ağı çalışması

24X18 lik giriş resim dosyası program tarafından okunur ve tek bir sütun yani vektör haline dönüştürülür. Oluşturulan bu vektör oluşturulan ileri beslemeli ağırlık giriş birimlerine verilir. Sinir ağı tarafından üretilen sonuç her bir karakterin olma olasılığını vermektedir. Olasılığı en yüksek olan pozisyondaki karakter seçilir. Plaka tanıma işleminin son adımında ileri beslemeli geri yayımlı sinir ağı kullanılmıştır.

Öz Düzenlemeli Harita (Self Organizing Map (SOM))

Basit bir anlatımla SOM benzer girişler için benzer sonuçlar üreten ve Şekil 3-17'de görülebilen bir işlemdir. [11] Sıradan SOM algoritması giriş ve karşılaştırma katmanı olarak adlandırılan iki katmandan oluşur. Karşılaştırma katmanı işlemsel birimlere sahiptir. Öğrenme fazı sırasında ağırlık matrisi oluşturulur. Algoritmada ağırlık matrisi ve giriş sinirleri arasındaki Manhattan metrik hesaplanır ve karaktere karar verilir.



Şekil 3-17 Öz Düzenlemeli Harita (SOM) Katmanları

Algoritmada karakter tanıma için 2D SOM kullanılmıştır. [13] Ağırlık vektörü denklem 3.3'de verilmiştir.

$$w_i = (w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}, \dots, w_{in}) \in \mathcal{R}^n \quad (3-3)$$

n boyutlu giriş vektörü x ile ağırlık matrisi güncellenir.

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n \quad (3-4)$$

Her çıkış birimi 'j' ve giriş vektörü arasında hesaplanan için en küçük Euclidian mesafesi c_j , değeri denklem 3.5'de verilmiştir.

$$c_j = \min(\|x - w_j\| = \sqrt{\sum_{i=1}^M (x_i - w_{ji})^2}) \quad (3-5)$$

Sinir hücrelerinin en az ağırlık matrisi ve komşu sinir hücreleri denklem 3.6 ile güncelleştirilir;

$$w_j(t+1) = w_j(t) + \alpha(t)(x - w_j(t)) \quad (3-6)$$

$w_j(t+1)$, her bir sinir hücresi için en küçük uzaklık bulunduktan sonra olan ağırlık vektörüdür. $\alpha(t)$ Öğrenme oranı, $N_c(t)$ ise komşuluk bölgesini tanımlar. $N_c(t)$ Kazanan birimlere olan c için tanımlanır ve öğrenme sürecinin başlangıcında büyük değere sahiptir. $N_c(t)$ Öğrenme sırasında göreceli olarak azalmaktadır. Komşuluk fonksiyonu $N_c(t)$ denklem 3.7'de tanımlanmıştır,

$$N_c(t) = \alpha(t) \exp\left(-\frac{\|\vec{r}_c - \vec{r}_i\|}{2\sigma^2(t)}\right) \quad (3-7)$$

Kazanan sinir hücresi c ve i için pozisyon vektörleri $\vec{r}_c \in \mathfrak{R}^2$ ve $\vec{r}_i \in \mathfrak{R}^2$ dir.

VHDL üzerinde çarpma ve kök alma işlemlerinin gerçekleştirilmesi çok vakit alıcı işlemlerdir. Hesaplama maliyetlerini azaltmak için SOM Euclidian mesafesi yerine Manhattan Metrik d_i kullanılmıştır. Denklem 3.8'de verilen μ_{ij} ağırlık vektörü ξ_j ise giriş vektörüdür.

$$d_i = \sum_{j=1}^n |\xi_j - \mu_{ij}|$$

(3-8)

Matlab'da test örnekleri kullanılarak ağırlık vektörleri oluşturulmuştur. Plaka için özellikle oluşturulmuş muhtemel karakterler ve rakamlar için özel harita oluşturulmuştur. (Şekil 3-18)

T	7	7	2	2	.	A	4	.	S	J	J
T	7	Z	Z	2	.	A	4	.	S	3	3
Y	V	Z	Z	2	.	A	4	.	S	3	1
V	Y	.	.	.	I	.	.	9	.	1	1
K	V	Y	E	F	.	C	.	.	9	9	I
K	.	K	E	9	B	.	I
K	K	.	.	E	.	C	.	.	8	8	8
M	N	N	.	E	.	C	8	8	.	.	0
M	N	N	H	B	C	.	.	D	.	U	B
M	N	N	F	P	C	U	U	.	D	D	B
H	R	P	P	F	L	.	U	5	0	0	G
H	R	E	F	E	L	L	5	5	6	B	G

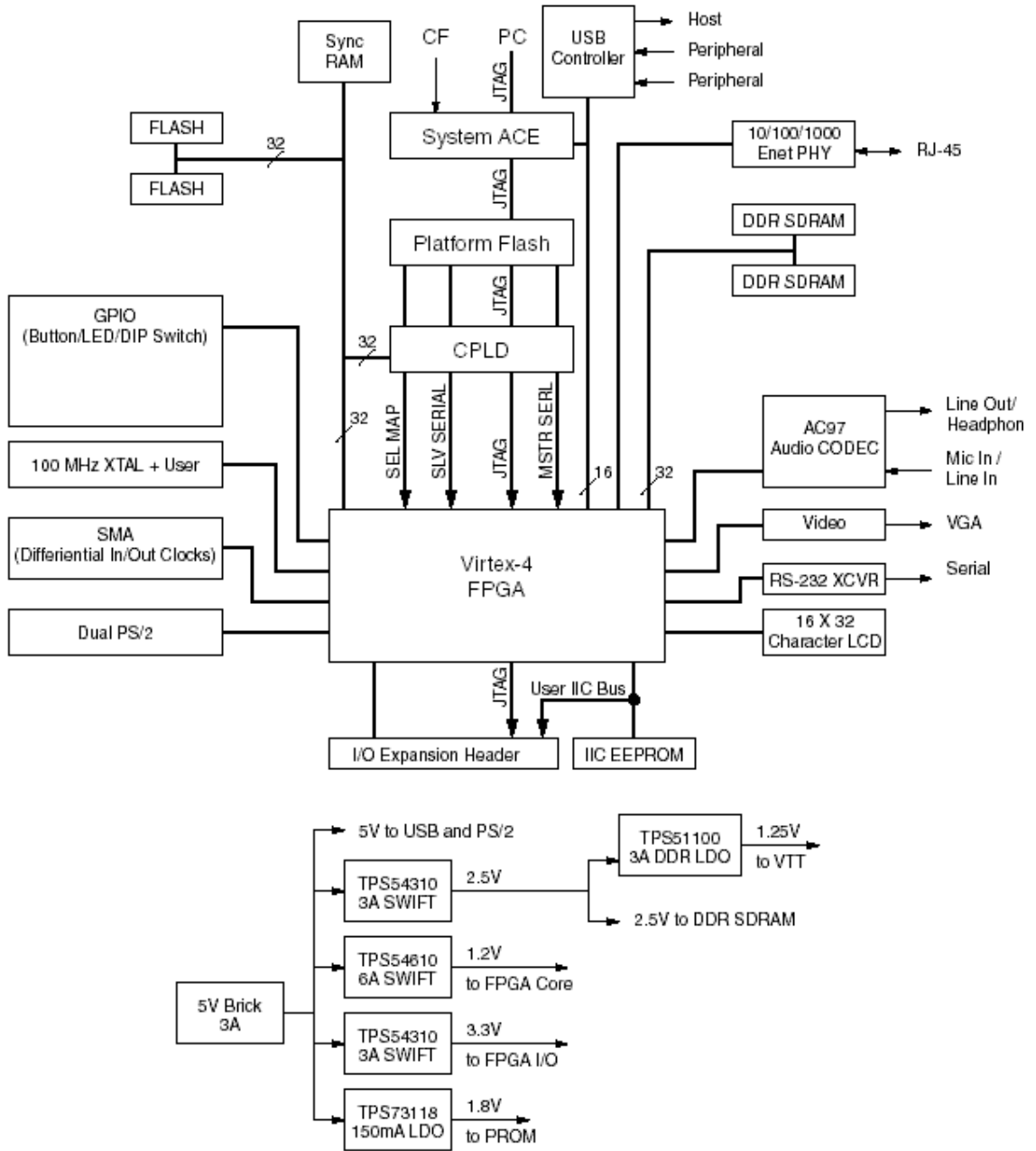
Şekil 3-18 SOM Karakter Haritası.

Donanım içerisinde plaka üzerindeki tüm karakterler birbirinden ayrıldıktan sonra normalize edilmiş karakterler ve tüm sinir hücreleri için Manhattan metrik hesaplanarak SOM haritası oluşturulmuştur [9]. Paralel işlemler kullanılarak en küçük uzaklık hesaplanması daha hızlı yapılabilmektedir.

3.2 Kullanılan FPGA kartının özellikleri

Bazı plaka tanıma sistemleri bilgisayar kullanılarak yapılan sistemlerdir. Bu tezde Matlab programı kullanılarak bilgisayar üzerinde çalışan plaka tanıma sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım donanım üzerinde çalışabilir olabilmesi için FPGA tabanlı karta uyumlanacaktır. FPGA tabanlı kart olarak Xilinx firmasının kart olarak satışa çıkardığı ML402 [7] kodlu kartı kullanılmıştır. İlgili kartın içinde yazılımların girildiği donanım olarak Xilinx firmasının ürünü olan VIRTEX IV FPGA

[28],[29],[30],[31] kullanılmıştır. Kullanılan kartın blok şeması Şekil 3-19'de görülmektedir.



Şekil 3-19 ML402 Blok Şeması

Kullanılan kartın genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Virtex-4 FPGA (XC4VSX35-FF668-10)
- 64-MB DDR SDRAM, 32-bit ve 266-MHz veri hızı
- Bir adet 100-MHz osilatör
- Genel amaçlı DIP, LED ve buton

- Yedek olarak bırakılmış 32 adet tek uçlu I/O, 16 adet LVDS,
- RS-232 seri kanal
- 16-karakter x 2-sıra LCD gösterge
- Bir adet 4-Kb IIC EEPROM
- VGA çıkış için 140 MHz / 24-bit video DAC
- PS/2 mouse and keyboard connectors
- Tip I/II CompactFlash için System ACE™ CompactFlash yapılandırma kontroller.
- ZBT senkron SRAM (9 Mb) (32-bit veri yolu 4 bit denklik.)
- 10/100/1000 Ethernet
- USB bağlantı tümleşik devresi ve (Cypress CY7C67300)
- JTAG portu
- Tüm gerekli voltajlar için kart üstünde güç kaynakları
- 220 VAC /5VDC @ 3A AC adaptör

Kullanılan FPGA'in ve aynı seride bulunan iki adet FPGA'in karşılaştırma yapmak amacı ile özellikleri Tablo 3-2'de verilmiştir. FPGA'lerin özellikleri üzerinde değerlendirme yapmak için onların içerinden yer alan konfigüre edilebilen mantıksal blokların (The Configurable Logic Block (CLBs)) sayısını bilmek gerekir. Her bir CLB içinde yer alan mantıksal birimlerin açılımı Tablo 3-3'de verilmiştir.

Device	CLB Array: Row x Column	Number of Slices	Number of LUTs	Maximum Distributed RAM or Shift Registers (Kb)	Number of Flip-Flops
XC4VSX35	96 X 40	15360	30720	240	30720
XC4VSX55	128 X 48	24576	49152	384	49152
XC4FX140	192 X 84	63168	126336	987	126336

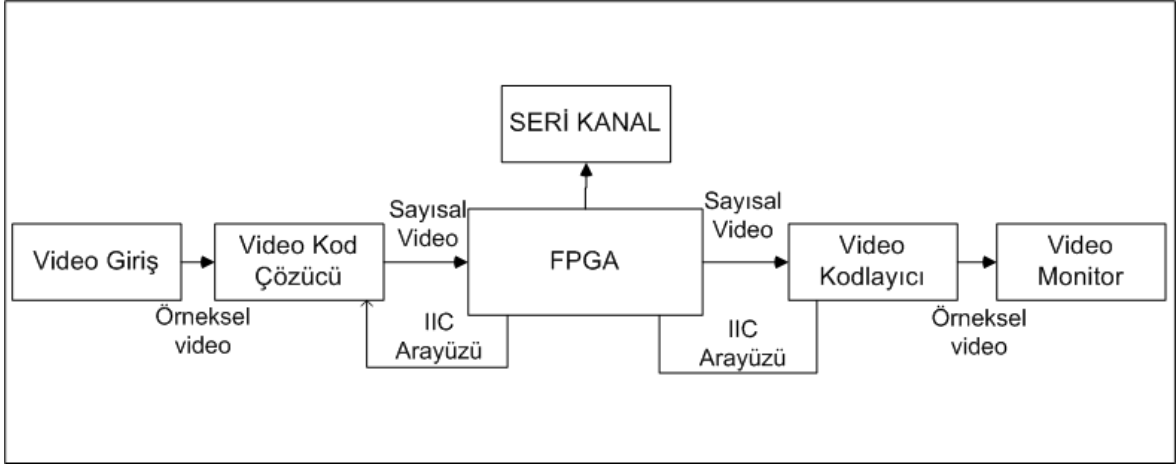
Tablo 3-2 FPGA 'lerin özellikleri

Slices	LUTs	Flip- Flops	MULT_ANDs	Arithmetic & Carry-Chains	Distributed RAM	Shift Registers
4	8	8	8	2	64 bit	64 bit

Tablo 3-3 CLB içinde yer alan mantıksal bloklar.

Tüm bu özelliklere karşın ML402 numaralı kartın video alışı-çıkışı arayüzü bulunmamaktadır. Bu sebeple ilgili kartının video sinyalini alıp üstünde işlem

yapabilmesi için video arayüzüne ihtiyaç bulunmaktadır. ML402 numaralı kart içinde yer alan FPGA'in yedek amaçlı bırakılan ve kartın yedek amaçlı bırakılmış bağlaçları ile arayüzü olan video arayüz kartı tasarlanmıştır. Tasarlanan video arayüz kartı ile beraber oluşturulan donanım blok şeması Şekil 3-20'de görülebilir.



Şekil 3-20 Donanım Blok Şeması

3.3 Tasarlanan video arayüz kartının tasarım bilgileri

Video arayüz kartının Xilinx firmasının ürünü ML402 numaralı kartında bulunan FPGA'in girişlerine video sinyalini verebilmesi için balkon kart üzerinde Video Kod çözücü gereklidir. Ayrıca VHDL üzerinde yazılacak yazılımın ara kontrollerinin yapılabilmesi ve üzerinde çeşitli işlemlerin filtrelerin ve morfolojik işlemlerin sonuçlarının görülebilmesi için Video Kodlayıcı gereklidir. Video Kod çözücünün gelen video sinyalini sayısala çevirebilmesi için bir adet 24,576 Mhz'de saat sinyali üreten osilatör ihtiyacı vardır. Video Kod çözücünün oluşturduğu 27 Mhz'deki Senkronizasyon ve Piksel Saati (Line Locked Clock (LLC)) sinyalini video kodlayıcı ve FPGA içlerindeki işlemlerde kullanılması için FPGA'e çekilmesi gerekmektedir. Ayrıca Video kodlayıcı ve kod çözücünün haberleşme hatları (Inter-IC (integrated circuits (IIC))) ve veri hatlarının da FPGA'in G\Ç hatlarına çekilmesi gerekmektedir. Video kod çözücü ve kodlayıcının besleme gerilimi olan 3.3 voltun oluşturulması için giriş voltajı olarak seçilen 5 volttan 3.3 volta düşüren bir adet DC-DC çevirici eleman yer almaktadır.

Video kod çözücü genel olarak yukarıdan bakıldığında bir tip örnekselden sayısala çevirici modül, video kodlayıcı ise bir tip sayısaldan örneksele çevirici modül olarak

görülebilmektedir. 27Mhz'de LLC ve 24,576Mhz'de video kod çözücü osilatör sinyali gibi yüksek frekansta çalışan iki farklı elemanın beslemelerinin farklı kaynaklardan yapılması gereklidir. Bu sorun Video arayüz kartı üzerine, video kodlayıcı ve video kod çözücü beslemeleri arasında bir adet yüksek frekansları filtreleyen ve DC seviyesini doğrudan karşıya geçirebilen bir adet filtre konularak çözülmüştür. Bu filtre birimi bir bobin ve iki adet kondansatörden oluşmaktadır. Video arayüz kartı üzerindeki elemanların çalışabilmesi için gerekli olan direnç ve kondansatörler kartın üzerinde bulunmaktadır. Tasarlanan video arayüz kartı üzerine, seçilen üzerinde FPGA'in bulunduğu ML402 kart üzerine takılmasını ve FPGA ile video kodlayıcı, kod çözücü bağlantısını sağlayan iki adet 3X32 pinlik bağlaç bulunmaktadır. Video giriş ve çıkışları SMC bağlaç ile dış arayüze çıkmaktadır. Hem küçük oluşu hem de takılıp sökülmesinin kolay oluşu ve sağlam yapıda oluşu nedeni ile video bağlacı olarak SMC tipli bağlaç kullanılmıştır.

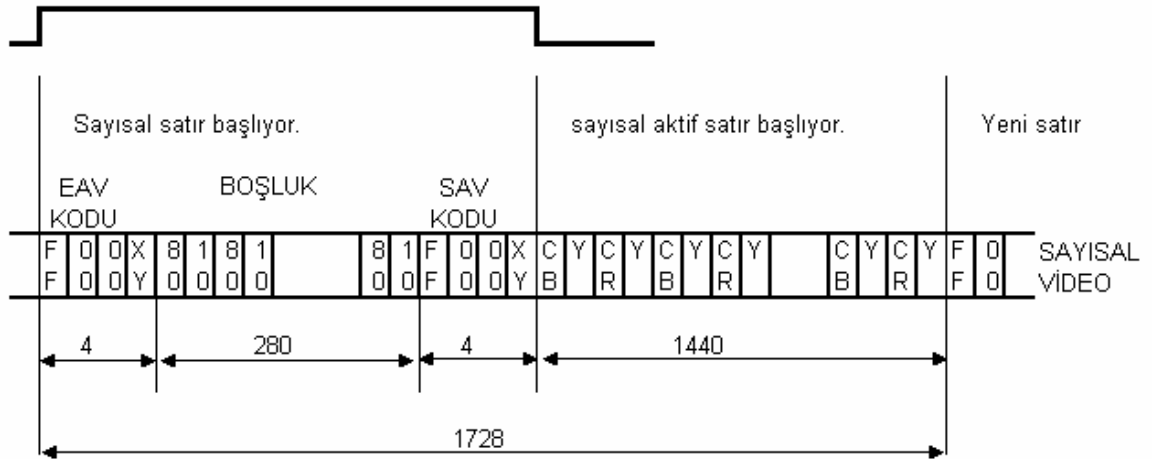
Video arayüz kartı üzerindeki baskı devre hatlarının çekilmesi sırasında örneksel hatlar ile sayısal hatların birbirinden fiziksel olarak uzak tutulması ile manyetik alandan dolayı oluşabilecek gürültü ile sinyallerin birbirini bozması engellenmiştir. Özellikle örneksel olan video hatlarının kart üzerinde çok fazla dolaştırılmadan doğrudan video kodlayıcı ve kod çözücüye gitmesi sağlanmıştır.

Kart toplam 4 kart olarak tasarlanmış ön ve arka yüzden sinyal taşınıp ortadaki yüzeylerden ise şase ve 3.3V taşınmıştır. Ön yüz örneksel hatlar için arka yüz ise sayısal hatlar için kullanılmıştır. Hem pozisyon olarak uzak seçilmesi hem de araya şase ve 3.3V tabakasının girmesi ile örneksel ve sayısal sinyallerin birbirini etkilemesi olasılığı düşürülmüştür.

FPGA ile giriş video sinyali arasındaki bağlantıyı sağlayan ve örneksel formdaki video sinyalini YCbCr formatında ve 4.2.2 çözünürlüğe sahip halde sayısala çeviren birime video kod çözücü [14] adı verilir. Bu çalışmada kullanılmak üzere genel amaçlı video kod çözücü seçilmiştir. Bu video kod çözücü giriş olarak kompozit veya S-video sinyallerini hem PAL hem de NTSC formatında kabul eder. Aralarındaki seçim yazılım ile yapılabilmektedir. Bu tezde PAL video kaydeden video kayıt cihazları kullanıldığından video kod çözücü PAL formatında çalıştırılmaktadır. Kod çözücü PAL video sinyali üzerinde işlemler yaparak gelen

video sinyalinin 4.2.2 formatında video sinyaline dönüştürmektedir. Dönüştürülen video sinyali Kod çözücü tarafından üretilen 8 bitlik paketler halinden 27 Mhz LLC sinyaline senkron olarak BT656 standardına uygun olarak FPGA'ye [19],[27] gönderilir. (Şekil 3-21) 8 bit veriler halinde ve şekilde FPGA'ye gönderilen video sinyalinin satır ve sütun numaraları gibi senkronizasyon bilgileri ise aktif video bitişi (End of Active Video (EAV)) ve aktif video başlangıcı (Start of Active Video (SAV)) kodları ile verilir. (Şekil 3-22).

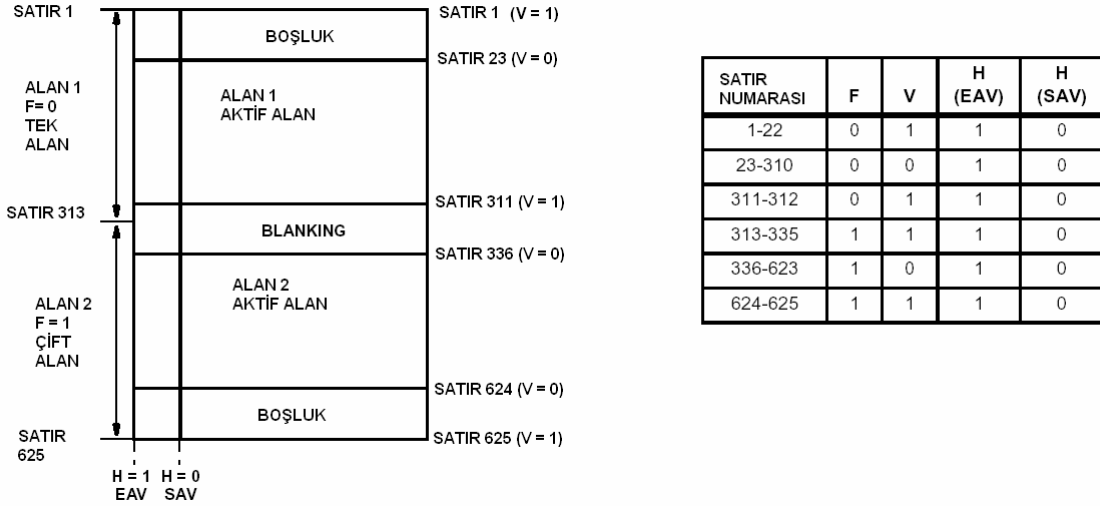
PAL video sinyalinin satır, sütun numaraları ile sayısaldaki EAV ve SAV sinyallerinin bağıntısı Şekil 3-23 'den görülebilir. Video kod çözücünün 6 adet örneksel video giriş arayüzü bulunmaktadır. Kart üzerinde iki adet SMC video çıkış bağlaca çekilirken diğer iki tane video çıkış ise sonlandırılmıştır. Tasarlanan video arayüz kartı 2 adet video kod çözücü çalıştırabilecek altyapı ile tasarlanmıştır. Video giriş uçlarındaki seçim ve video kod çözücünün video sinyalini oluşturmada kullandığı diğer parametreler video kod çözücü üzerindeki RAM'e IIC üzerinden yazılır.



Şekil 3-21 PAL video sistemler için Bt.656 8 bit Paralel Bağlantı veri yolu

BIT7	BIT6 (F)	BIT 5 (V)	BIT4 (H)	BIT3 (P3)	BIT2 (P2)	BIT1 (P1)	BIT0 (P0)
1	1. alan F = 0; 2. alan F = 2;	Dikey boşluk belirteç biti boşluk için V = 1; Aktif video için V = 0;	H = 0 SAV H = 1 EAV	Kullanılmıyor ileride kullanılacağı düşünülerek rezervli olarak tutulmaktadır.			

Şekil 3-22 BT656 standardında PAL video sistemleri için EAV(End of Active Video) and SAV (Start of Active Video)



Şekil 3-23 Tipik PAL sinyali dikey görünüm ve EAV SAV bağıntısı.

FPGA ile çıkış video monitörü arasındaki bağlantıyı sağlayan ve YCbCr formatında 4.2.2 çözünürlüğe sahip halde sayısala video sinyalini, örneksel formdaki video sinyalini çeviren birime video kodlayıcı [15] adı verilir. Bu çalışmada kullanılmak üzere genel amaçlı video kodlayıcı seçilmiştir. Video kodlayıcı kendisine LLC sinyali ile senkron halde gelen 4.2.2 formundaki video sinyalini Kompozit ya da S-video formundaki örneksel video sinyaline PAL ya da NTSC formatında çevirebilir. Fakat bu tezde giriş olarak PAL formatını kullandığımız için çıkış olarak da PAL formatını ve kompozit çıkışını kullanmaktadır. Video kodlayıcının 3 adet örneksel video çıkış arayüzü bulunmaktadır. Kart üzerinde her video çıkış ayrı bir bağlaça çekilmiştir. Video çıkış uçlarındaki seçim ve video kodlayıcının video sinyalini oluşturmakta kullandığı diğer parametreler video kodlayıcı üzerindeki RAM'e IIC üzerinden yazılır.

Kodlayıcı FPGA' den gelen BT656 video standardındaki [20],[27] 8 bit veri içindeki senkronizasyon ve video verisi sinyallerini kullanarak örneksel PAL video sinyali olarak kodlar ve örneksel çıkışından dışarıya verir. Video monitör ve video kodlayıcı sistemin ara testlerinde görüntü alabilmek için kullanılmıştır. Plaka tanıma sistemin çalışma performansına katkısı yoktur.

Üzerinde Video kodlayıcı ve kod çözücü, DC/DC çevirici, osilatör ve video çıkışlarını sağlayan bağlaçlar ve kondansatör, direnç gibi diğer devre

elemanlarının bulunduğu ML402 kartı üzerine balkon kart olarak monte edilen video arayüz kartının şeması EK1’de görülebilir.

3.4 Algoritmanın VHDL Koduna Uyumlanma Bilgileri

Matlab üzerinde geliştirilen algoritma oluşturulduktan sonra, donanım üzerinde çalışabilir koda dönüştürülmüştür. Donanım kodu Xilinx firmasının ürünü olan ISE [32],[33],[34] kullanılarak VHDL kodlama kurallarını kullanarak yapılmış ve XST [34] kullanılarak sentezlenmiş ve donanıma çevrilerek Xilinx firmasının ürünü olan ML402 model numaralı kartın üzerinde olan FPGA veya ROM üzerine yüklenerek denemeler yapılmıştır.

VHDL kodunun alt aşamaları aşağıda verilen bölümlerde aktarılmıştır. Bunlar; FPGA’in giriş ve çıkışlarının ayarlandığı “Sistem Açılış”, video kodlayıcı ve video kod çözücünün ön ayarlarının yapıldığı IIC arayüzü, test amaçlı olarak oluşturulan seri kanalın haberleşme hızının ayarlandığı “uart baudrate” ve seri kanalın gönderim ve alınmasının sağlandığı “uart tx” ve “uart rx” fonksiyonları, ayrıca plaka tanınma işlemlerinin yapıldığı “main” fonksiyonu bulunur. “main” fonksiyonunun alt fonksiyonları aşağıda anlatılacaktır.

3.4.1 Sistem açılışın ayarlanması

FPGA ile dış arayüzlerin ayarlandığı bölümdür. Bu bölümde kart üzerinde yer alan video kod çözücü ve kodlayıcının IIC arayüzleri, sayısal video hatları, saat sinyali hatları, seri kanal hatları ve giriş çıkış amaçlı kullanılan anahtarlar, butonlar ve ledler için hatların ayarlandığı bölümdür.

Video kod çözücü ve kodlayıcı için IIC arayüzü

Inter-IC (integrated circuits)’nin kısaltması olan IIC 1980’lerin başında Philips Semiconductors tarafından tasarlanmış bir veri yolu (Bus) biçimidir. Bu veri yolu tümleşik devrelerin birbirleri ile bağlanmasına olanak verir. IIC herkesin veri yoluna hakim olabileceği ve veri gönderebileceği bir veri yolu yapısı olup kısaca çok hâkimli bir veri yolu diye adlandırılabilir. IIC özellikle video tümleşik devreleri olmakla beraber birçok tümleşik devrenin yapısında vardır.

Balkon kart için seçilen video kod çözücü ve kodlayıcının da çalışırken kullandığı başlangıç değerleri IIC arayüzü kullanılarak her tümleşik devrenin kendi hafızasına yazılmaktadır.

IIC veri yolu yüksek frekanslarda çalışmamaktadır. 400 Khz ve aşağısında IIC veri yolu haberleşmesinden olumlu sonuç alınmaktadır. Bu sebeple FPGA sisteminde bu frekanslara yakın frekansta saat sinyali ve bu frekansın yarısında bir veri sinyaline ihtiyaç elde etme ihtiyacı doğmuştur. Balkon kart üzerinde yer alan 24.576Mhz saat sinyali FPGA içinde bölünerek 384 Khz frekansta IIC saat sinyalleri ve 192 Khz frekansta IIC veri için elde edilmiştir.

Video kod çözücünün 4 adet girişi vardır. Bu girişleri içeride bulunan bir 4X1 çoklayıcı sayesinde dışarıdan gelen girişlerden sadece 1 sayısal giriş seçilerek FPGA'e I/O'larına gönderilir. Ayrıca seçilen bu girişin PAL ya da NTSC video formatında olduğu ve bu girişin sayısala çevrilirken kullanılacak katsayılar video kod çözücünün hafızasına yazılır. Video kod çözücü çalışmaya başladığında daha önceden hafızasına yazılan değerler ile çalışacaktır. [14]

Video kodlayıcının 3 adet video çıkışı vardır. Bu çıkışlar içeride bulunan bir 3X1 çoklayıcı sayesinde dışarıya sadece 1 örneksel video işareti verilmektedir. Sayısal olarak FPGA'in I/O'larından video kodlayıcıya gönderilen video sinyali için bir adet video çıkış seçilir. Ayrıca seçilen bu çıkışın PAL ya da NTSC video formatında olduğu ve bu girişin sayısala çevrilirken kullanılacak katsayılar video kodlayıcının hafızasına yazılır. Video kodlayıcı çalışmaya başladığında daha önceden hafızasına yazılan değerler ile çalışacaktır. [15]

Seri kanal arayüzü (UART)

Universal Asynchronous Receiver/Transmitter kısaltması olan UART, kart ile bilgisayar arasında standart seri kanal arayüzünü oluşturmaktadır. FPGA ile seri kanal arasındaki voltaj seviyelerini ayarlayan standart RS232 (Max 232) tümleşik devresi bulunmaktadır.

Bilgisayar ile kart arasındaki seri kanal (RS 232) bağlantısı standart hızlarla haberleşme yapabilmesi için FPGA içinde standart saat sinyallerinin oluşturulması gerekmektedir. Bilgisayarlar 110'dan 230,400 bit/s'e kadar seri kanal haberleşmesi yapabilmekte fakat kartın içinde yer alan seri kanal 115.200 bit/s'e kadar hızları destekleyebilmektedir. Dolayısıyla bilgisayar ile haberleşme kurulabilmesi için standart seri kanal frekansları: 110, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19,200, 28,800, 38,400, 57,600 ve 115,200 bit/s'e kadar olmalıdır. Kart içinde bulunan 24,576 Mhz frekansında bulunan saat sinyali ile seri kanal frekansı bölme kullanılarak elde edilmiştir. Kolaylıkla elde edilen frekanslar 1200, 2400, 4800, 9600, 19.200, 38.400 bit/s'dir ve bu frekanslardan bir tanesi dışarıdan verilen bir komutla seçilir.

Daha önceden belirlenen bir sıklıkta seri kanal fonksiyonuna gönderilen veriler seri kanaldan dışarıya başlangıç, sekiz veri ve bitiş bitleri ayarlanarak toplam on bit olarak FPGA I/O'larından seri kanal tümleşik devresine gönderilir. Bu işlemi yapan fonksiyona seri kanal gönderim (uart_tx) fonksiyonu denir.

Seri kanal tümleşik devresinden gelen bilgiler içerisinde daha önceden belirlenen frekansta sıfır biti aranır. Sıfır bitinin gelmesi demek başlangıç biti demektir. Başlangıç bitinden sonraki 8 bit alınarak veri biti olarak FPGA içinde kullanılır. Bu işlemi yapan fonksiyona seri kanal alım (uart_rx) fonksiyonu denir.

Video Matris ve Çıkış Arayüzü

Plaka tanıma fonksiyonları içinde kullanılan her bir matematiksel işlem veya filtreden sonra sonucun video üzerindeki etkisinin görsel olarak anlaşılabilmesi için video sinyali oluşturulmaktadır.

Filtreler giriş video üzerinde tüm görüntü üzerinde oluşturulduktan sonra video kodlayıcı yardımı ile dışarıya verilir.

Video Analizör Fonksiyonu

Video Analizör fonksiyonu içerisinde BT656 standardı ile tanımlanmış senkronizasyon sinyalleri çözülür. Aktif videonun başlangıcı içinde yer alan EAV

ve aktif videonun sonunda bulunan SAV verileri çeşitli senkronizasyon işaretlerini oluşturmak için kullanılır.

Senkronizasyon için kullanılacak sinyaller dikey ve yatay senkronizasyon sinyalleri, Pal video sinyalinin aktif durumunu gösteren pal aktif sinyali, sadece parlaklık sinyalinin akan video içinden alınması için 13,5 Mhz'lik saat sinyali, bir film karesini oluşturan tek ve çift alanların birbirinden ayrılmasını sağlayan sinyal, aktif satır ve aktif sütun sinyalleri bulunmaktadır.

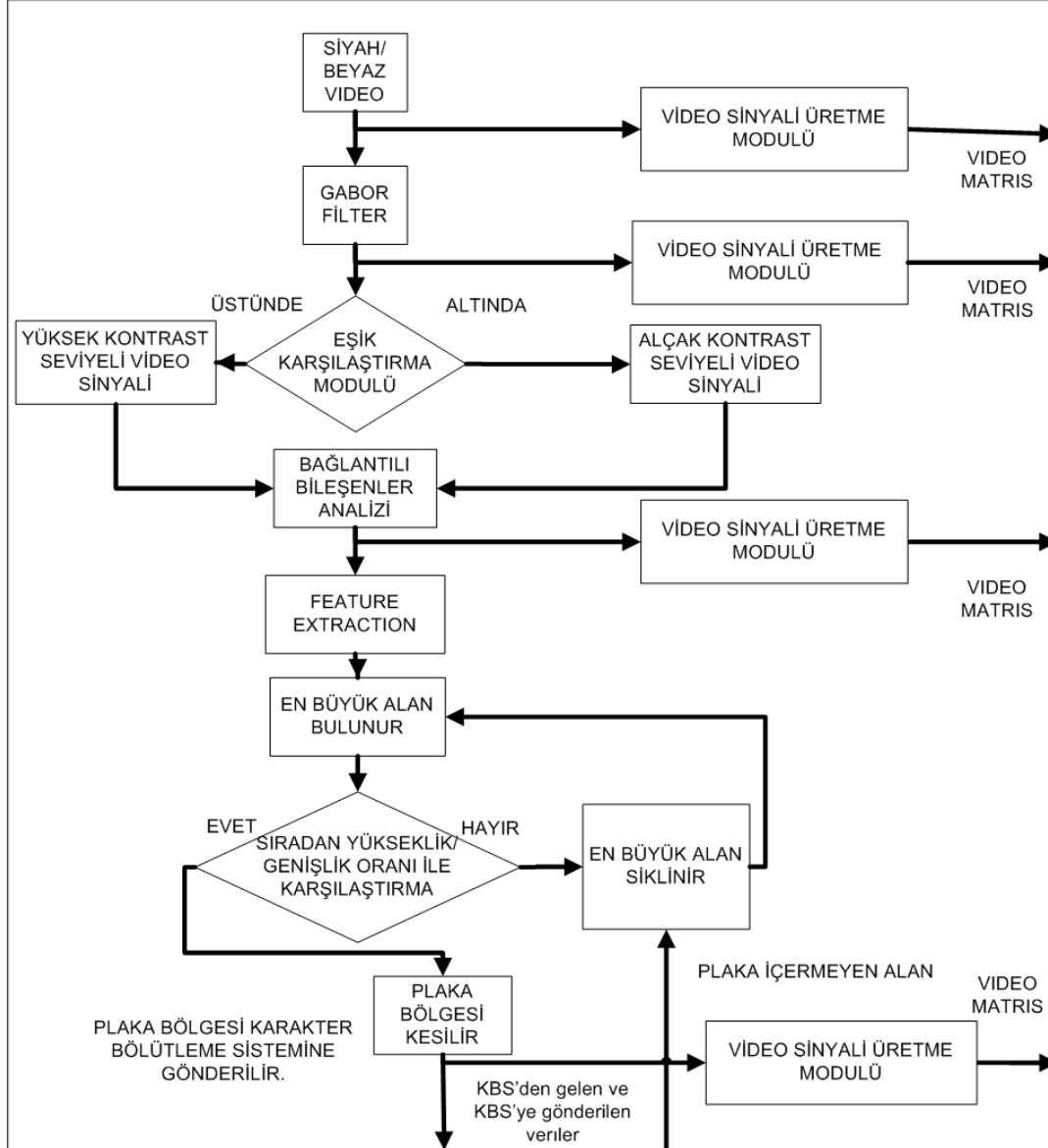
Video analizör fonksiyonu içerisinde tüm EAV ve SAV senkronizasyon verileri kullanılarak satır ve sütun numara sayaçları oluşturulmaktadır. Bu numara sayaçları resim içindeki pikselin pozisyonunun bilinmesinde kullanılmaktadır. Gelen her piksel ile sütun numara sayacı bir artmakta ayrıca gelen her yeni bir satır ile satır numara sayacı bir artmaktadır. Video içinde 1440X288'lik tek ve çift alanlar için piksel bulunmaktadır. Bunun içinde 1440 sütun içinden 720 adet parlaklık ve 720 adet renk bilgisi bulunmaktadır. Numara sayaçları içinde sütun için 1140 numara satır için ise 288 numara bulunmaktadır.

3.4.2 Plaka Tanıma Fonksiyonları

Plaka tanıma işlemlerinin yapıldığı bölümdür. Bu bölüm içerisinde akan video üzerinde yapılan plaka bulma ile ilgili filtreler, karakter bölütleme ile ilgili fonksiyonlar ve karakter tanıma ile ilgili sinir ağları nesnesinden oluşur. Uygulanacak tüm filtre ve diğer işlemlerin akan video üzerinde gerçekleşmesi gerekmektedir. Akan videonun bir film karesinin bir seferde filtreleme işlemlerinden geçirilmesi ve her pikselin filtre çıktısını elde edebilmek için, PAL standardında verilmiş her bir sahne (field) için 720X288 çarpım yapılması gerekmektedir. Özetle her bir piksel için 207360 çarpım yapılması gerekmektedir. Ayrıca resim içinde birbiri ile ilgili alanların belli pikseller arasında kaldığı bilinmektedir. Bir pikselin filtre sonucunun en çok etkili olan kısımlarının yakın komşulukları olduğu bilinmektedir [36]. Bu sonucu kullanarak filtreler tüm resim üzerinde değil sadece filtre sonucunu verecek piksel ortada kalacak şekilde 3X3'lük bir pencerede uygulanmıştır. 3X3'lük pencere oluşturmak için video görüntüsünün kendinden önce gelen iki satırının tamponlanması gerekmektedir. Tamponlanan satırların 3

sütunu tamponlanıp toplam 3X3 pencere elde edilir. Bu pencereye Gabor filtre uygulanır ve 13 piksellik yatay yönde genişletme uygulanır.

VHDL kullanarak yapılan plaka yer saptama sisteminin akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3-24 Plaka yer saptama sistemi akış diyagramı

Gabor filtrenin sonucu olan videoya bağlantılı bileşenler analizi uygulanır. Bağlantılı bileşenler analizi (BBA) ile video üzerindeki birbiri ile birleşen alanlar tek bir değer ile ifade edilmeye başlanır. Dolayısıyla resim içindeki muhtemel plaka bölgelerinin birbirinden ayrılması sağlanmış ve öznelik çıkarmaya hazır hale gelmiştir.

BBA ile birbirinden ayrılan muhtemel plaka bölgelerinin alanı, başlangıcı, bitişi, boyuna ve enine boyutu, uzman sistem olan öznitelik sistemi tarafından bulunur. Öznitelik sistemi içinde alan boyutu en büyük olandan bölge alınır, enine ve boyuna boyutlarının oranı ile karşılaştırma yapılarak plaka bölgesi olup olmadığı kontrol edilir. Karşılaştırma sonucunda ilgili bölge plaka içermiyorsa silinir ve kendisinden sonraki en büyük alan karşılaştırmaya alınır. Fakat ilgili bölge plaka içeriyorsa üzerinde siyah beyaza çevirme işlemi dışında işlem görmemiş video içerisindeki ilgili bölge kesilir.

Sadece plaka bölgesini barındıran bu videoya daha önceki Gabor filtre ve eşikleme sırasında uygulanan eşik değerleri değiştirilerek tekrar Gabor filtre adımından başlatılır. Daha önce kullanılan eşikler ile olası plaka bölgesi daha geniş olacak şekilde alınmıştır. Tekrar yeni eşik değerleri ile işleme alınmasının nedeni sadece plaka bölgesinin alınarak plaka dışındaki bölgelerin çıkartılmasıdır.

Yeni eşik değerleri uygulanmış video üzerinde sırası ile satır tamponlama, Gabor filtre ve bağlantılı bileşenler analizi uygulanır. Bu işlemler sonucunda tekrar öznitelik çıkarma işlemi uygulanarak plaka bölgesi daha kesin sınırlar ile siyah beyaza çevirme işlemi dışında işlem görmemiş videodan kesilerek karakter bölütleme sistemine gönderilir.

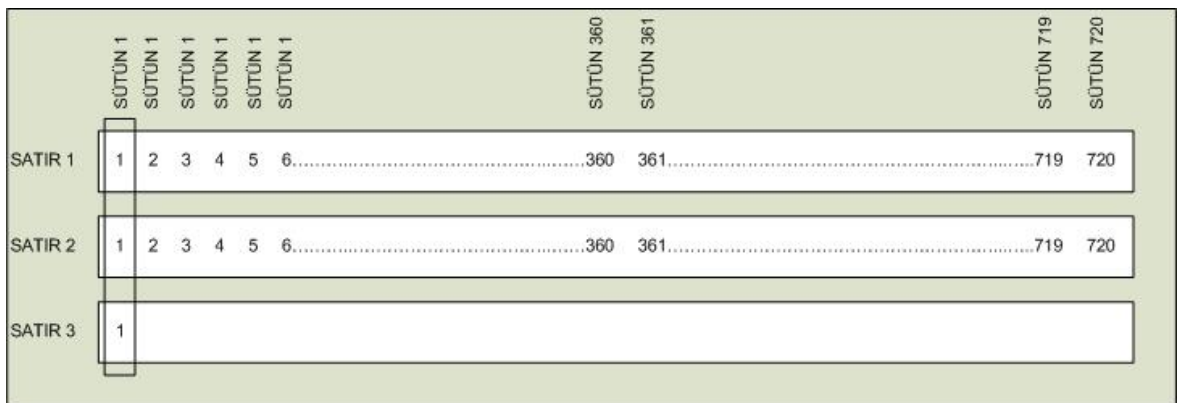
Plaka bölgesine karakter bölütleme işlemi uygulanarak karakter olmayan bölgeler resim içinde bulunmayan bir kontrast seviyesi ile işaretlenir. Bu işaretleri ile zenginleştirilmiş video görüntüsü video karakter bölütleme sisteminin uzantısı olan karakter ayırma sistemine gönderilir. Karakter ayırma sistemi ise karakterler ile karakter olmayan kısaca boşluk olan bölgelerin arasını işaretler. İşaretlenirken karakterlerin başladığı bölge ile karakterlerin bittiği bölge video içinde daha önceden kullanılmayan ve birbirinden farklı bir kontrast seviyesi ile işaretlenir. Karakter ayırma sistemi, karakterlerin başlangıcı ve bitişi işaretlenmiş video üzerindeki bu işaretleri çözer. Çözüm sonucu elde edilmiş bilgi ile video üzerinden kesilmiş bölgeleri harflerin tek tek ayrıldığı sistem olan harf çıkarma sistemine gönderir.

Harf çıkarma sistemi her bir harf için ayrı ayrı çalışmakta ve sadece harf bölgelerini alacak şekilde yeni video dosyası üretmektedir. Türkiye içinde kullanılan plakalar göz önüne alındığında yedi adet ya da en fazla 8 adet harf bölgesi olacak şekilde ayrılan karakterler sinir ağı nesnesi olan öz düzenlemeli haritaya (self-organizing map (SOM)) gönderilir. Harf ayır nesnesi içinde karakter olamayacak kadar küçük olan bölgeler değerlendirilmeye alınmaz.

Öz düzenlemeli harita sayesinde elde edilen sonuç ASCII kodları ile kodlanarak seri kanaldan bilgisayara gönderilir. Sonuç bilgisayar üzerinde açılan seri kanal izleme programı üzerinden görülebilir.

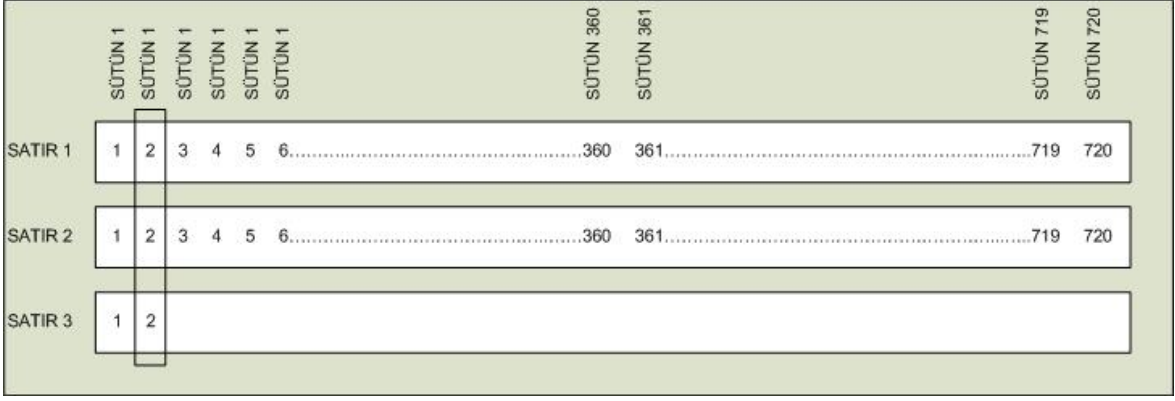
Satır tamponlama

Akan video üzerinde filtre uygulaması yapılabilmesi için video içindeki ilgili pikselin kendisinden önce gelen ve kendisinden sonra gelen piksel bilgilerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla gelen her iki satır FPGA'in içinde bulunan hafızaya yazılır. PAL video sinyali kullanıldığından video boyutu 576X720 pikseldir. 576 satır sayısını 720 ise her satırda bulunan piksel sayısını ifade eder. Ard arda gelen iki satır FPGA içinde yer alan çift taraflı RAM(Random Access Memory)'e yazılır. Üçüncü satırın ilk pikseli geldiğinde ilk iki satır hafızadan okunur ve dışarı boyuna 3 piksel olarak dışarı verilir. Bakınız Şekil 3-25.



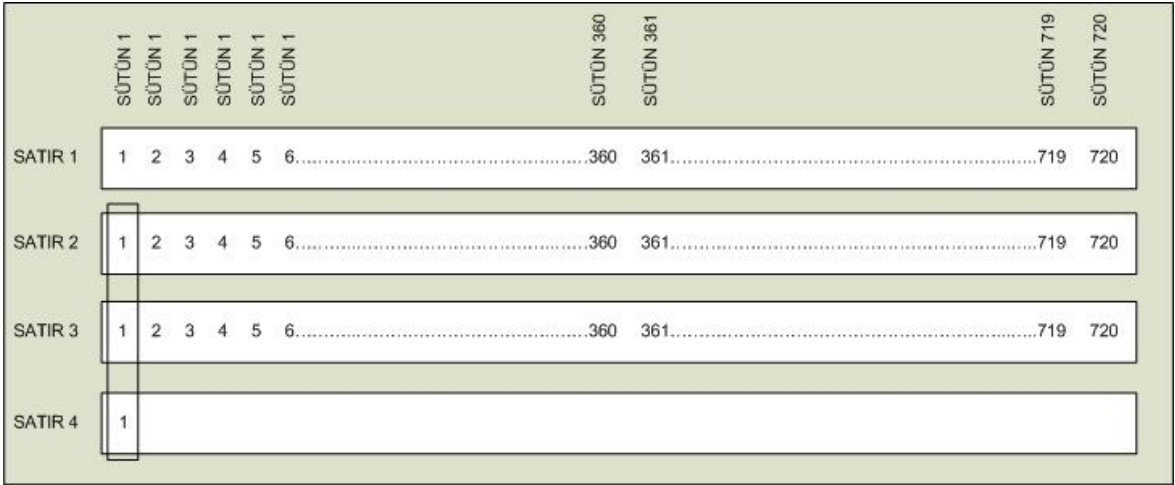
Şekil 3-25 Satır tamponlamanın ilk çıktısı

Satır üç içindeki ikinci piksel geldiğinde kendisinden önce gelen ilgili sütündeki bilgiler ile dışarıya tekrar 3 piksel olarak çıktı verir. Bakınız Şekil 3-26



Şekil 3-26 Satır tamponlamanın ikinci çıktısı

Her yeni pikselde yukarıda anlatılan işlemler tekrarlanarak satır sonuna kadar her gelen yeni piksel için 3 piksellik sonuç dışarıya verilir. Fakat yeni bir sütun geldiğinde ise mesela 4 satırda daha önce bilgileri alınan bir numaralı satırın işlemi bitmiştir. Dördüncü satır için üçüncü ve ikinci satırdaki veriler artık dışarıya verilmeye başlanmıştır. Bakınız Şekil 3-27.



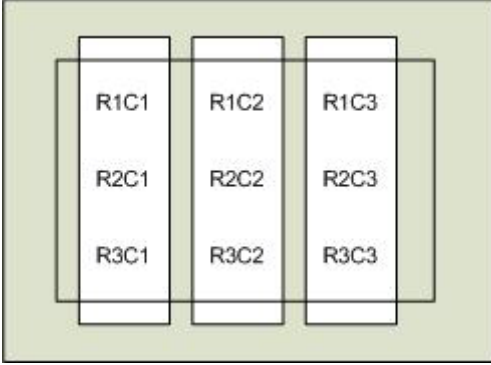
Şekil 3-27 Yeni Bir Satır İçin Satır tamponlamanın ilk çıktısı

Yeni satır için tüm sütunlarda gelen pikseller tamamlandıktan sonra yeni bir satıra geçilir ve PAL video ve tek alan (odd field) için satır sayısı 288 olunca diğer alana geçilir ve aynı işlemler diğer alan içinde tekrarlanır.

Satır tamponlama fonksiyonu ilke olarak gelen üçüncü satır ile değer üretmeye başlamıştır dolayısıyla 3 satır kadar bir gecikmeye sahiptir denilebilir.

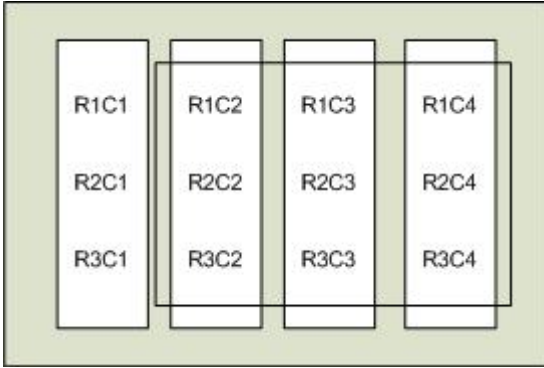
GABOR Filtre ve Yatay Yönde Genişletme.

Satır tamponlama fonksiyonundan gelen üçer piksellik satır bilgileri 3 sütun zamanı boyunca tekrar tamponlanarak 3X3'lük bir pencere elde edilir. Şekil 3-28'de pencere yer alan R harfi ilgili pikselin satır bilgisini C harfi ise sütun bilgisini göstermektedir.



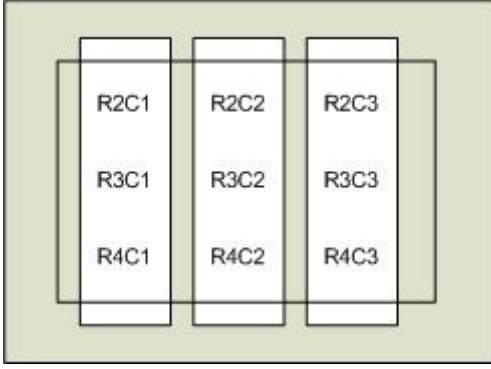
Şekil 3-28 İlk oluşturulan 3X3'lük pencere.

Gelen dördüncü 3 piksellik veri ile yeni bir 3X3'lük pencere oluşturulur. Şekil 3-29



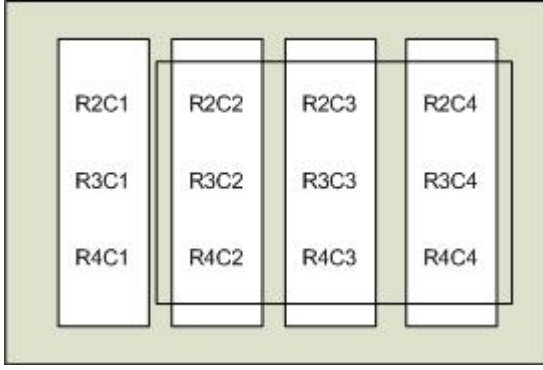
Şekil 3-29 İkinci oluşturulan 3X3'lük pencere.

Yeni bir satır için gelen sinyaller için oluşturulan pencere bilgileri Şekil 3-30 ve Şekil 3-31'de görülebilir.



Şekil 3-30 Yeni Bir Satır ile ilk oluşturulan 3X3'lük pencere.

Gelen dördüncü 3 piksellik veri ile yeni bir 3X3'lük pencere oluşturulur. Şekil 3-31.



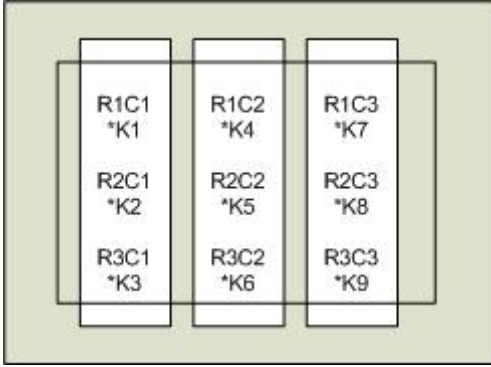
Şekil 3-31 Yeni Bir Satır ile ikinci oluşturulan 3X3'lük pencere.

Oluşturulan pencereler Matlab'da elde edilen katsayılar ile evriştirilir. 3X3'lük pencerenin tam ortasında bulunan piksel için Gabor filtre sonucu elde edilmiştir. Şekil 3-30'da görülen 3X3 pencere için Gabor filtre R2C2 ile belirtilen piksel için hesaplanmıştır. Matlab'da hesaplanan katsayılar ve bunların VHDL ile hazırlanan Gabor filtreye uygulama bilgileri Tablo 3-4 'de verilmiştir. Gabor filtre için Matlab'da oluşturulan iki farklı frekans ve açısı için oluşturulan katsayılar ve bunların VHDL'de kullanım değerleri Tablo 3-4'de görülebilir.

MATLAB'da hesaplanan değer			VHDL KULLANIM DEĞERİ		
Frekans: 1024		Açı: 90	Matlab_değeri X 256		
0,033	0,0965	0,033	8,448	24,704	8,448
0,0965	0,1592	0,0965	24,704	40,7552	24,704
0,033	0,0965	0,033	8,448	24,704	8,448
MATLAB'da hesaplanan değer 2			VHDL KULLANIM DEĞERİ 2		
Frekans: 2048		Açı: 90	Matlab_değeri X 256		
-0,0213	0,0965	-0,0213	-5,4528	24,704	-5,4528
0,0965	0,1592	0,0965	24,704	40,7552	24,704
-0,0213	0,0965	-0,0213	-5,4528	24,704	-5,4528

Tablo 3-4 Gabor filtre katsayıları

Evriştirmek için 3X3'lük video sinyali taşıyan pencere ile Matlab'da hesaplanan pencere bilgileri çarpılır. Çarpım sonucu elde edilen çarpımlar toplanır ve sonuç dokuza bölünür. Bakınız Şekil 3-32. Fakat VHDL'de bölme işleminin zorluklarından dolayı bölme işlemi yapılmamış fakat karşılaştırılacak eşik değeri 9 kat artırılmıştır.



Şekil 3-32 Evriştirme yöntemi (K ile gösterilenler Gabor katsayıları)

Gabor filtre sonucu elde edilen yeni R2C2 değeri eşikten geçirilerek ikili video sinyali ikili resme dönüştürülür. Eşik değeri olarak Matlab'da elde edilen eşik değeri VHDL kodunda aynen kullanılmamıştır. Gerçek video sinyali kullanılarak ve çok sayıda deneme yapılarak yeni bir değer eşik değeri belirlenmiştir.

Ortalama araç plakası boyu ve plaka karakterleri arasındaki boşluk dikkate alınarak Matlab programı kullanılarak boyutu hesaplanmış ve VHDL kodunda defalarca denenerek belirlenmiş yeni bir dikdörtgen yapısal eleman yardımıyla yatay yönde genişletme (dilation) uygulanır. Belirlenen yapısal eleman 13 piksel genişliğindedir.

Yatay yöndeki genişletme işlemi Gabor filtrenin sonucu ikili resme dönüştürülürken uygulanmıştır genişletme işlemi için fazladan zaman harcanmamıştır.

VHDL kodunda elde edilen ve test görüntüsü ile denenerek sonuçlandırılan Gabor filtresi sonucu ve Gabor giriş görüntüsü Şekil 3-33'de görülebilir.



Şekil 3-33 Gabor Filtrenin öncesi ve sonrası

Gabor filtre ve yatay yönde genişletme uygulanmasından sonra, resmin içinde yer alan beyaz bölgelerin özniteliklerinin çıkarılması gerekmektedir. Özniteliklerinin çıkarılabilmesi için bağlantılı bileşenler analizinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Özniteliklerinin çıkarılması sırasında, ilk ve son piksel, en büyük alan, tüm alanların boyutları hesaplanır.

Bağlantılı Bileşenler Analizi

Bağlantılı Bileşenler Analizi (BBA) Gabor filtrenin ve yatay yönde genişletmenin uygulandığı video sinyali üzerinde çalışır. İkili düzende akan video üzerinde araştırma yapılır ve beyaz olan ilk bölgeye bir numara verilir ve kesintisiz olarak beyaz bölge devam ettiği sürece aynı numara verilmeye devam edilir. Şekil 3-34 ve Şekil 3-35 . Fakat bir pikselin aynı anda birbirinden farklı iki piksele komşu olması muhtemeldir. İlgili piksele numara verilirken önce yukarıdaki komşu piksele daha sonrada soldaki komşu piksele bakılır. Eğer piksel aynı anda hem sola hem de yukarıya komşuluğu varsa yukarıdaki pikselin numarası verilir ve aynı zamanda eşitlik tablosu doldurulur. Resim içindeki ayırık bölgelerin tamamen ayrılması için numaralandırılmış video üzerinden defalarca gidilmesi gerekir. Tablo 3-5'de verilen

eşitlik tablosu kullanılarak entegrasyon (integration table) tablosu doldurulur. Entegrasyon tablosu Tablo 3-6'de görülebilir.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0

Şekil 3-34 İkili Resim

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
0	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0
0	4	4	4	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	5	5	0	0

Şekil 3-35 İkili resim üzerinden bağlantılı bileşenler analizinin ilk geçişi.

1	=	2
3	=	2
4	=	3
5	=	6

Tablo 3-5 İlk geçişteki eşitlik tablosu

1	=	7
2	=	7
3	=	7
4	=	7
5	=	8
6	=	8

Tablo 3-6 İlk geçişteki entegrasyon tablosu

Şekil 3-35'den görülebileceği gibi resim üzerinden ilk geçişte 1,2,3,4 ile numaralandırılmış bölge ve 5,6 ile numaralandırılmış bir bölgeden oluşmaktadır. Resim üzerinden son geçişte entegrasyon tablosuna uygun olarak 1,2,3,4 ile numaralandırılmış bölgeler tekrar 7 ile adlandırılmıştır. Diğer bölge olan ve daha önce 5, 6 numaralandırılmış bölge ise 8 ile numaralandırılmıştır. (Şekil 3-36).

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	0
0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0
0	7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	0	0

Şekil 3-36 Son Geçişte Alınan Değerler

Resim içinde numaralandırılmış bölgelerin özelliklerinin çıkarılması için diğer bir uzman sistem olan öznitelik modülü çalıştırılır.

Öznitelik Çıkarma

Öznitelik çıkarma algoritması resim içindeki aynı numaraları sayar ve bulunduğu alanı bölge olarak ilan eder.

Her bir numara için oluşturulan bölgenin alanı, x ve y eksenlerindeki boyutları, x ve y eksenlerindeki başlangıç ve bitiş noktaları FPGA'in blok hafızaları kullanılarak kayıt altına alınır. Bölgeler alanlarına göre sıralanır. Sıralamadaki en büyük alan muhtemel plaka bölgesi olarak adlandırılır. (Şekil 3-37) BBA sonucu elde edilen video sinyali Şekil 3-38'den görülebilir.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	0
0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0
0	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	0	0

Şekil 3-37 7 ile numaralandırılmış muhtemel Plaka bölgesi Karakter bölütleme sistemine gönderilir.



Şekil 3-38 Bağlantılı Bileşenler Analizi video çıkışı.

BBA ve öznitelik çıkarma işlemleri Şekil 3-39'dan da görülebileceği üzere orijinal resimden plakanın kesilip çıkarılması için kullanılır. Orijinal resimden kesilen resim ikili resme (siyah beyaz) çevrilir. Plaka içindeki karakter bölgelerindeki boşlukları doldurmak, karakterleri kalınlaştırmak ve karakter görüntülerindeki olası kopukları gidermek için plaka bölgesi içindeki her siyah piksel için 3 piksellik genişletme uygulanır. Genişletme uygulanmış video görüntüsü Şekil 3-40'dan görülebilir.

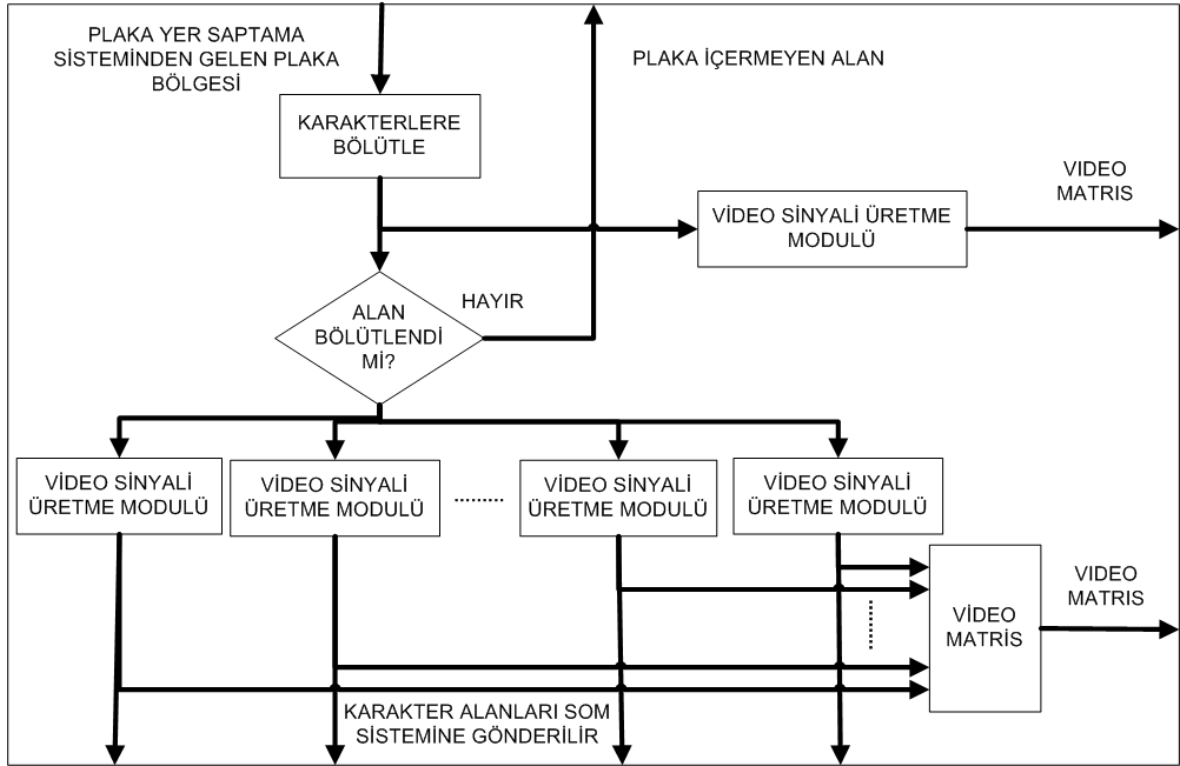


Şekil 3-39 Öznitelik çıkarma işleminden sonra plaka çıkış video görüntüsü



Şekil 3-40 Yatay yönde genişletilmiş karakterleri barındıran siyah beyaz ikili resim

Karakter Bölütlenme Sistemi

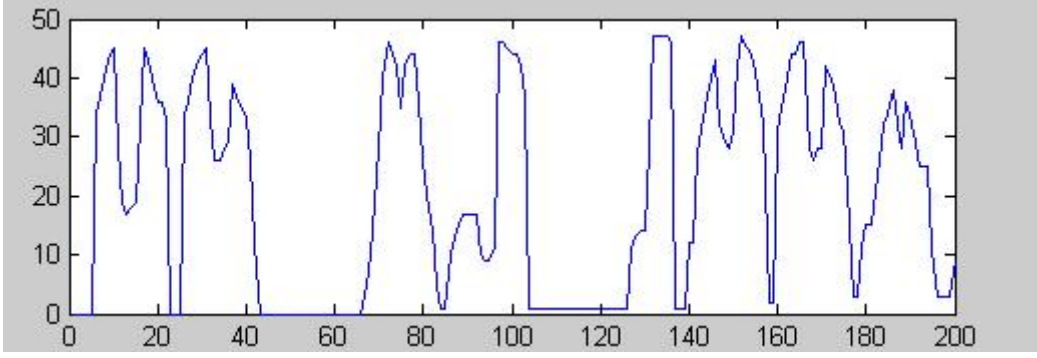


Şekil 3-41 Karakter Bölütlenme Sistemi blok şeması

Karakter bölütlenme sisteminin (KBS) amacı muhtemel plaka bölgesi olarak PYYS'den gelen resim içindeki harfleri ve rakamları birbirinden ayırmaktır. KBS aynı zamanda ilgili bölgenin gerçekten plaka içeriyor mu yoksa içermiyor mu diye test etmektedir. Eğer belirtilen bölge gerçek plaka bölgesi içermiyorsa plaka bulma programına gönderilen bölgeyi sıfırlaması ve yeni bir değer göndermesi için bilgi gönderir. Plaka bulma sistemi ise ilgili alanı silerek bir sonraki en büyük alanı orijinal resimden keserek tekrar KBS'ne gönderecektir. KBS sisteminde aynı işlemler tekrarlanır.

KBS'nin karakter tanıma modülü ile bağlantısı vardır. KBS tarafından ayrılan karakterler karakter tanıma sistemine gönderilir.

Muhtemel plaka bölgesindeki sütunlar karakterlerin pozisyonlarını bulmak için birbiri üzerine toplanır.(Şekil 3-42).



Şekil 3-42 Sütunları toplanmış plaka görüntüsü.

Yukarıda görüldüğü gibi plaka içindeki sütunlar toplandığı zaman çıkan toplam daha önce Matlab ile hesaplanan eşik değeri ile karşılaştırılır. Matlab'da hesaplanan eşik değeri doğrudan kullanılmamıştır. Kullanılan video sinyalinin kontrast seviyesi ve çözünürlüğü değiştiğinden dolayı VHDL için eşik değeri değiştirilerek kullanılmıştır. Eşik değerinin altında kalan bölgeler iki karakter arasındaki geçişleri gösterir. Her iki geçiş arasında ise karakter vardır.ⁱ Karakterlerin başladığı ve bittiği noktalardaki pikseller otomatik olarak bulunur. Geçişler ve karakterler Şekil 3-43'de gösterilmiştir.

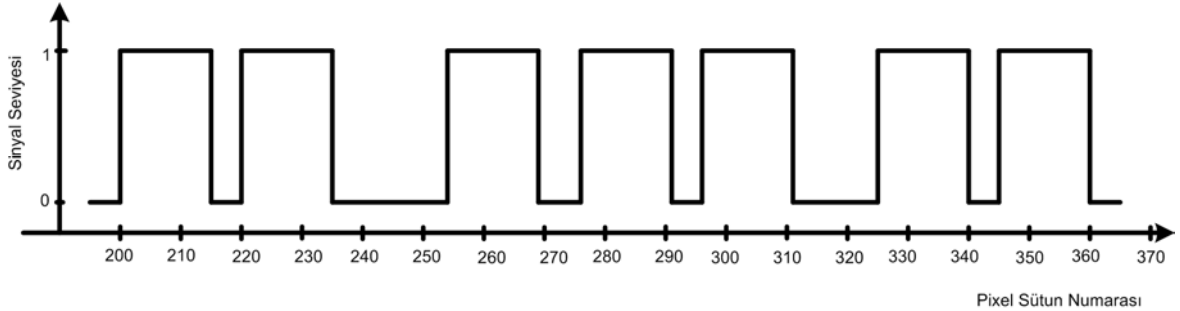


Şekil 3-43 Karakterleri bölütlenmiş video çıktısı

ⁱ Şekil 3-42'de gösterilen grafik Matlab programı ile elde edilmiştir. VHDL üzerindeki grafik dış arayüzlere çıkmadığından dolayı buraya Matlab'da elde edilen grafik yerleştirilmiştir.

Akan video üzerinde geçişleri bulabilmek için resim eşik değeri karşılaştırılır ve eşik altına kalan bölgeler plaka içinde bulunmayan bir kontrast seviyesi ile işaretlenir. Resim içindeki beyaz bölgeler 126 ile ifade edilen kontrast seviyesine siyah bölgeler ise 1 ile ifade edilen kontrast seviyesine sahiptir. Eşik altına kalan bölgeler için 48 ile ifade edilen kontrast seviyesi kullanılmıştır. Eşik karşılaştırılmış ve bu değerler işlenmiş akan video görüntüsü 2 piksellik bir tamponlama yapılır. Tamponlama sonucu karakterlerin başladığı ve bittiği noktalar bulunur ve başladığı noktadaki pikseller 64 ile bittiği noktadaki pikseller ise 15 ile işaretlenir.

Plakanın tüm sütunları için belirtilen işaretleme yapılmıştır. Plakanın tam ortadaki sütunundaki başlangıç ve bitiş işaretlerini kullanarak yeni bir sinyal oluşturulur. (Şekil 3-44) Bu sinyal resim içinde başlangıç değerine sahip kontrast (64) seviyesini bulunca değeri 1 bitiş değerine sahip kontrast (15) seviyesini bulunca 0 değerini alır. Dolayısıyla Karakter bölütleme sinyali 0 iken iki karakter arasındaki bölgede 1 iken ise karakter bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 3-44 Karakter Bölütleme Sinyali

Karakter Bölütleme sinyalinin kalkan kenarında karakter başlamakta, inen kenarında ise karakter bitmektedir. Plakanın başladığı ve bittiği satırlar arasında karakter bölütleme sinyaline uygun olarak harf ya da sayılar alınır ve karakter tanıma uzman sistemine gönderilir. Karakter tanıma sinyali üzerindeki kalkan kenarlar sayılır eğer kalkan kenarlar Türkiye plakalarında kullanılan karakterlerden az sayıda ise karakter bölütleme sisteminde kullanılan eşik değeri artırılır ve tekrar aynı işlemler tekrarlanarak yeni bir karakter bölütleme sinyali oluşturulur. Tekrar kalkan kenarlar sayılır, uygun bulunursa kalkan kenarlar ile inen kenarlar arasındaki karakterler alınarak karakter tanıma uzman sistemine gönderilir. Eğer kalkan kenarlar yeterli sayıda değilse eşik değeri limit değerine kadar adım adım

artırılır ve aynı işlemler tekrarlanır. Limit değerine ulaşıncaya muhtemel plaka bölgesi plaka içermemektedir kararı verilerek plaka bulma sistemine haber verilir ve plaka bölme sisteminden yeni bölge istenir. Aynı işlemler yeni bölge için tekrarlanacaktır.

Karakter bölgeleri Türkiye plakaları standartlarına uygun olarak daha önce Matlab kullanılarak bir karakterin alabileceği maksimum değer üzerinde ise eşik değeri değiştirilir ve bu bölge parçalanır. Fakat karakter bölgeleri Türkiye plakaları standartlarına uygun olarak daha önce Matlab kullanılarak bir karakterin alabileceği maksimum değer altında ise ilgili karakter alanı içinde karakter olamayacak kadar küçük olduğu değerlendirilir ve bu bölge karakter tanıma programına gönderilmez. Şekil 3-43'de verilen ve "F" harfi ile "5" rakamı arasındaki bölgede bir karakter olduğu sanılmış fakat çok küçük olduğu değerlendirilerek karakter olmadığına karar verilmiştir.

Karakter olduğu tespit edilen her bir aralık için paralel olarak çalışan Harf Ayırma Sistemi (HAS) çağrılır.

Harf Ayırma Sistemi (HAS)

Her bir karakter bölgesi için ayrı ayrı çalışan HAS kendisine verilen bölgeler içindeki video sinyalini alır ve dört köşesinden karakterin başladığı noktaya kadar karakter bölgesini kısar. HAS'ların ayrı ayrı çalışması sonucunda karakterler birbirinden ayrılmıştır. Ayrılan her bir karakter için ayrı bir video sinyali oluşturulur ve test amaçlı olarak yapılmış video çıkışından görüntüler matrise sokularak verilir. Bu karakterlerden örnek olarak seçilmiş 5 adet karakter Şekil 3-45'de görülebilir.



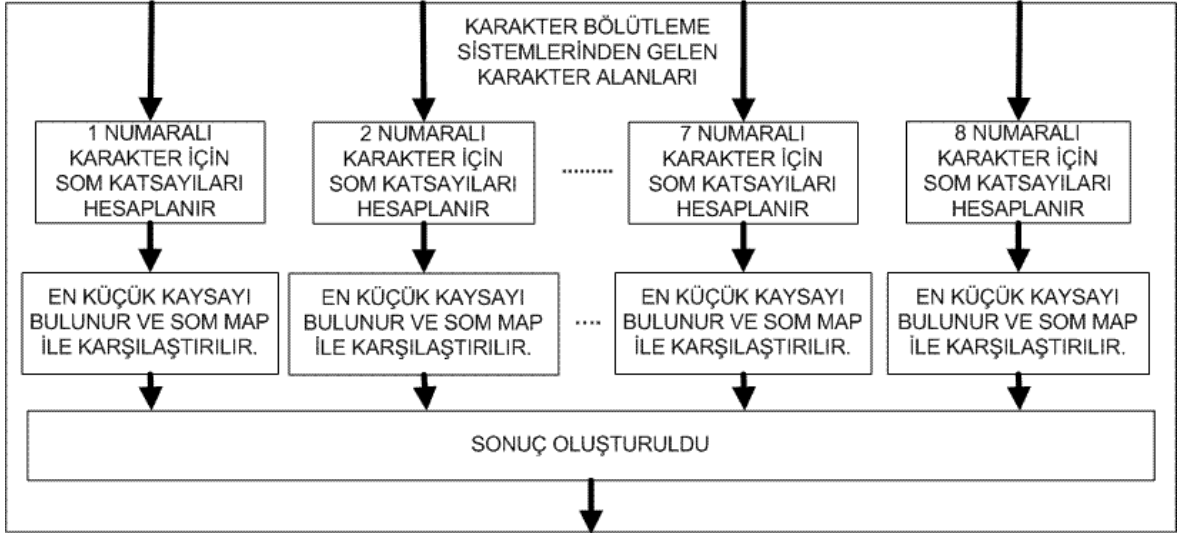
Şekil 3-45 Bölütlenmiş Karakterler

HAS ayrıca iki boyutlu olan video görüntüsünü toplam 480 bit olacak şekilde dizi haline getirir ve karakter tanıma içinde kullanılacak format olan harf bölgeleri ve bir diğer bölgeler sıfır yapılır. Diziye çevirme işlemi için önce ilk satır, daha sonra ikinci ve devam eden satırlar diziye yazılır. Yazılma esnasında ters çevirme işlemi yapılmakta fazladan zaman harcanmamaktadır.

Karakter Tanıma

Matlab'da hazırlanan iki çeşit karakter tanıma algoritmasının VHDL koduna aktarılması sırasında ileri beslemeli geri yayımlı sinir ağının VHDL'de tasarlanmasının zorlukları öğrenilmiş ve karakter tanıma programlarında daha önce defalarca kullanılmış [11],[12] Kohonen (self-organizing map (SOM)) [13] öz düzenlemeli haritanın kullanılmasına karar verilmiştir.

Matlab üzerinde hazırlanmış SOM kullanarak yapılmış karakter tanıma işlemlerinin VHDL koduna aktarılmasında kullanılan algoritma şeması Şekil 3-46'de verilmiştir.



Şekil 3-46 Karakter Tanıma VHDL için kullanılan algoritma

Karakter tanıma fonksiyonu KBS tarafından gönderilen her karakter resmi için çalışmaktadır. Türkiye plakaları düşünüldüğünde 7 ya da 8 adet karakterden oluşan plakalar için standart olarak 8 adet karakter tanıma alt fonksiyonu çağrılır. Eğer plak 7 karakter ise son karakter için boş bilgi döndürülmektedir.

Her bir karakter için (toplam 8 adet) tüm işlemler aynen tekrarlanmaktadır. SOM işlemlerinin yapılabilmesi için Matlab'da oluşturulan 12X12 ağırlık matrisi ve 30X16 piksellik resim bilgisi için oluşturulmuş 480 elemanlık vektör ile çarpılınca toplam $12 \times 12 \times 480 = 69120$ adet SOM için kullanılacak ağırlıklar VHDL içerisine dizi olarak tanımlanır. Her bir ağırlık katsayısı toplam 10 bitlik değer ile belirtilmektedir. Giriş vektörü ile 144 adet ağırlık vektörleri arasında Manhattan metrik kullanılarak SOM tablosu hesaplanır.

SOM tablosu içinde en küçük olan değer bulunur. En küçük olan SOM değeri SOM haritası ile karşılaştırılır. Karakter tanıma fonksiyonu içine girilen görüntü vektörünün karakter olarak karşılığı ASCII kodu kullanılarak karakter tanıma sisteminden çıktı alınır.

Birbirinden ayrı olarak çalışan 8 adet karakter tanıma fonksiyonunun sonuçları sıralamaya sokularak seri kanaldan dışarıya atılır.

Plaka tanıma sistemi video girişinden girilen video sinyalden seri kanala gönderilen plakanın ASCII olarak karşılığı ile tamamlanmış olur.

FPGA her yeni gelen karakter bölgesi için hesaplanacak SOM ağırlık matrisi için VHDL içinde dizi olarak tanımlanmış SOM sinir ağı ağırlıklarının tek tek alınarak 69120 işlem yapılması gerekmektedir. Bu işlem tüm muhtemel karakter bölgeleri için tekrarlanarak ve toplu sonucun oluşturulabilmesi için karakter bölütleme hatalarının da katıldığı düşünüldüğünde 16 kez çağırılması gerekliliği doğmuştur.

Dizi olarak tanımlanmış SOM katsayılarının FPGA içinde çok yer kaplamasından dolayı FPGA içinde hazır olarak bulunan ve PTS'nin değişik alanlarında kullanılan RAM'lerin kullanılması uygun görülmüştür. SOM ağırlık matrisleri FPGA içinde tanımlanmış RAM'lere, VHDL içindeki ilkleme fonksiyonu kullanılarak yazılmakta ve üzerine başka değerler yazılmasını engellemek için korumaya alınmıştır.

Her karakter bölgesi geldiğinde FPGA içinde yer alan RAM'lerde yer alan 12X12X480'lik ağırlık matrisi kullanılarak SOM karakter haritası 27 Mhz saat sinyali kullanılarak oluşturulur.

BÖLÜM 4

4 SONUÇLAR

Bu bölümde algoritmanın, bilgisayar üzerinde giriş olarak resim dosyaları kullanarak Matlab programında yazılmış yazılım ile sonuçları üretilmiştir. Donanım kullanılarak geliştirilmiş plaka tanıma sisteminin, daha önceden kamera ile kaydedilmiş video görüntüleri kullanılarak sonuçlar üretilmiştir.

4.1 Algoritma Sonuçları

Algoritma testleri Pentium M 1.73 Ghz CPU, 2MB L2 Cache ve 512 MB RAM özellikli bilgisayar ile çalıştırılmıştır.

VHDL üzerinde kullanılacak SOM katsayılarının oluşturulma işlemleri Pentium IV 3.0 Ghz işlemci ve 512 MB Ram bilgisayar ile yaklaşık 16 saat süre ile gerçekleştirilmiştir.

Matlab programı ile geliştirilmiş olan algoritma üzerinde seri testler yapılmıştır. Test seti olarak sayısal fotoğraf makinesi ile değişik çözünürlüklerde çekilmiş resim dosyaları kullanılmıştır. İlgili resim dosyaları Aselsan A.Ş ve Hacettepe Üniversitesi Otoparkından temin edilmiştir. Algoritması gerçekleştirilen plaka tanıma sistemi Türkiye’de kullanılan plakalar üzerinde kısaca 7 veya 8 karakterli plakalar için tasarlanmış ve bazı kısıtlamalar ile çalışmaktadır. Fakat kolayca başka ülkelerin plakaları için uyarlanabilir yapıdadır.

Tezin içinde yer alan algoritma geliştirme safhasında başlangıç olarak gelen video sinyaline değişik açılarda Gabor filtre uygulanmış fakat en iyi sonucu 90°’lik açı ile uygulanan Gabor filtrenin verdiği görülmüştür.

Ayrıca donanım tasarımı başlamadan önce uygulanan yüksek boyuttaki Gabor filtrenin donanıma uygulanma güçlükleri ve 9 piksellik boyutun performans kaybının tolere edilebilir olmasından dolayı donanım üzerinde gerçekleştirilecek olan 9 piksellik pencere ile Gabor filtre uygulanmasına karar verilmiştir. Gabor filtre

uygulama sonrasında algoritma testinde kullanılan resmin çözünürlük oranına göre değişik boyutlara da yatay yönde genişletme uygulanmış fakat donanım üzerinde 720*576'lık film kareleri kullanılacağı göz önüne ilgili boyutlar için 13 piksellik yatay yönde genişletme yapılmıştır. Bağlantılı bileşenler analizi ve öznelik çıkarma işlemlerinin sonrasında en büyük alandan başlanarak olası plaka bölgelerinin başarılı olarak bulunması sağlanmıştır. Resim içinden başarılı olarak alınan plaka bölgesi için karakter bölütleme sistemi çalıştırılmış ve karakterlerin birbirinden ayrılması ilgili resim üzerinde yapılmıştır. Elde edilen karakterler normalize edildikten sonra her karakter alanının karakter tanıma sisteminin yapıldığı SOM algoritmasına gönderilmesi sağlanmıştır.

Tasarlanan algoritma 720*576 piksellik resim dosyası için toplam çalışma süresi yaklaşık 3,5 saniyedir. Bu çalışma süresi videodan görüntü yakalamaya çalışıldığında 4-5 saniye değerlerine kadar çıkabilmektedir. Ayrıca paralel çalışma yapılamadığı için sadece her 3,5 saniyede bir sonuç oluşturabilmektedir.

Plaka tanıma sisteminin performansını test edebilmek için fotoğraf makinesi ile 720*576 boyutunda çekilmiş resim dosyaları bilgisayara aktararak algoritma sonuçlarının elde edilebilmesi için kullanılmıştır. Plaka yer saptama sisteminin performansını bulmak için plaka bulunmuş ve plaka bulunmamış resimler sayılmış ve toplamları ile oranları bulunmuştur. Performansını test edebilmek için çekilen 57 adet resim dosyası içinden 55 adet plakanın yeri doğru olarak bulunmuş ve plaka başarılı olarak resim içerisinden çıkartılmıştır. Başarılı olarak bulunan plakaların sayısı, toplam test edilen resim sayısına oranlandıktan sonra yüz ile çarpılarak yüzde olarak sonuç bulunmuş ve bu sonuç Plaka yer saptama sisteminin performansı olarak adlandırılmıştır. Tablo 4-1'de PYSS sütununda plaka yer saptama sisteminin sonuçları verilmiştir.

Plaka tanıma sisteminin ikinci bölümü olan karakter bölütleme sisteminin performansını bulmak için PYSS tarafından doğru olarak tespit edilmiş plakalar alınarak bunlar üzerinden doğru olarak karakterlerine bölütlenmiş ve bölütlenememiş plakalar sayılmış ve toplam plaka sayısı ile oranı bulunmuştur. Performansını test edebilmek için PYSS tarafından doğru şekilde tespit edilen 55 adet Plaka bölgesi içinden 46 adet plaka doğru şekilde karakterlerine

bölütlenebilmiştir ve karakter tanıma sistemine gönderilmiştir. Başarılı olarak karakterlerine bölütlenen plakaların sayısı, toplam PYSS tarafından doğru olarak bulunan plaka sayısına oranlandıktan sonra yüz ile çarpılarak yüzde olarak sonuç bulunmuş ve bu sonuç karakter bölütleme sisteminin performansı olarak adlandırılmıştır. Tablo 4-1'de KBS sütununda karakter bölütleme sisteminin sonuçları verilmiştir.

Plaka tanıma sisteminin üçüncü ve son bölümü olan karakter tanıma sisteminin performansını bulmak için KBS tarafından bölütlenerek tek tek karakter tanıma sistemine gönderilen karakterlerin tanıma sonuçlarının doğru sonuç veren ile doğru sonuç vermeyenler sayılmış ve KBS tarafından gönderilen toplam karakter sayısı ile oranı bulunmuştur. Performansını test edebilmek için KBS tarafından doğru bölütlenmiş 450 adet karakter içinden 428 adet karakter doğru şekilde tanınmıştır. Başarılı olarak tanınan karakterlerin sayısı, toplam KBS tarafından doğru olarak bölütlenen karakterlerin sayısına oranlandıktan sonra yüz ile çarpılarak yüzde olarak sonuç bulunmuş ve bu sonuç karakter tanıma sisteminin performansı olarak adlandırılmıştır. Tablo 4-1'de KTS sütununda karakter tanıma sisteminin sonuçları verilmiştir.

	PYSS	KBS	KTS
Araba içeren Resim sayısı	55/57	46/55	428/450
Doğruluk oranı %	96,49%	89,09%	95,11%

Tablo 4-1 Matlab'da Hazırlanan PTS sisteminin Sonuçları

4.2 Donanım Uygulama Sonuçları

VHDL üzerinde sentezleme ve yükleme dosyası oluşturma işlemleri Pentium IV 3.0 Ghz işlemci ve 512 MB Ram bilgisayar ile yaklaşık 12 saat süre ile gerçekleştirilmiştir.

Xilinx firmasının ürünü olan ML402 kart (Virtex IV FPGA) üzerinde ve VHDL kullanılarak donanım olarak gerçekleştirdiğimiz ürün üzerinde seri testler yapılmıştır. Test seti olarak sayısal kamera ile kaydedilmiş ASELSAN ve Hacettepe Üniversitesi otomobil parkından videolar kaydedilmiştir. Bu plaka

tanıma sistemi Türkiye’de kullanılan plakalar üzerinde kısaca 7,8 karakterli plakalar için tasarlanmış ve bazı kısıtlamalar ile çalışmaktadır. Fakat kolayca başka ülkelerin plakaları için uyarlanabilir.

Tezin içinde yer alan donanım gerçeklemede başlangıç olarak gelen video sinyaline 9 piksellik bir pencere ve 90°’lik açı ile Gabor filtre uygulanmıştır. Gabor filtre uygulama esnasında 13 piksellik yatay yönde genişletme yapılmıştır. Bağlantılı bileşenler analizi ve öznitelik çıkarma işlemlerinin sonrasında en büyük alandan başlanarak olası plaka bölgelerinin başarılı olarak bulunması sağlanmıştır. Resim içinden başarılı olarak alınan plaka bölgesi için karakter bölütleme sistemi çalıştırılmış ve karakterlerin birbirinden ayrılması ilgili resim üzerinde yapılmıştır. Elde edilen karakterler normalize edildikten sonra her karakter alanının karakter tanıma sisteminin yapıldığı SOM algoritmasına gönderilmesi sağlanmıştır.

Donanım üzerinde gerçekleşmiş plaka tanıma sisteminin performansını test edebilmek için video kayıt cihazı ile sayısal video kaydı yapılmış ve video oynatıcı kullanılarak donanım uygulama sonuçlarının elde edilebilmesi için kullanılmıştır. Tasarlanan ve Donanım üzerinde gerçekleşen sistemin 720*576 piksellik video için toplam çalışma süresi olarak yaklaşık 13 film karesi kullanılır. PAL video 1 saniyede 25 film karesi bulunmaktadır. Dolayısıyla sonuç üretme süresi yaklaşık 0,5 saniye ile sınırlıdır. Sisteme giriş olarak verilen her bir film karesi üzerinde plaka yer saptama sistemi çalışmakta ve tüm film kareleri için performans ölçütleri oluşturulmuştur.

Donanım üzerinde gerçekleştirilen plaka yer saptama sisteminin performansını bulmak için plaka bulunmuş ve plaka bulunmamış video üzerindeki film kareleri sayılmış ve toplamları ile oranları bulunmuştur. Plaka yer saptama sistemi, akan video üzerinde filtreleme ve diğer işlemleri yapmaktadır. Dolayısıyla akan video içindeki tüm film kareleri için plaka yer saptaması yapılmakta ve sonuç üretilmektedir. Performansını test edebilmek için çekilen birbirinden farklı 42 otomobil videosu kullanılmıştır. Test videosu toplanırken kamera sabitlenmiş ve kameranin kımıldamaması sağlanmıştır. Her otomobil için en az 10 saniye video kaydı alınmıştır. Video kaydı oynatılırken video içindeki plakanın kayıt süresi içinde

çoğunlukla yerinin saptanmış olması, plaka yer saptama sistemi tarafından doğru sonuç oluşturulduğu anlamına gelmektedir. Benzer olarak Video kaydı oynatılırken video içindeki plaka karakterlerinin kayıt süresi içinde çoğunlukla bölütlenmiş olması, plaka karakter bölütleme sistemi tarafından doğru sonuç oluşturulduğu anlamına gelmektedir.

Birbirinden farklı 42 otomobil videosu içinden 39 adet plakanın yeri doğru olarak bulunmuş ve plaka başarılı olarak resim içerisinden çıkartılmıştır. Başarılı olarak bulunan plakaların sayısı, toplam test edilen otomobil sayısı ile oranlandıktan sonra yüz ile çarpılarak yüzde olarak sonuç bulunmuş ve bu sonuç Plaka yer saptama sisteminin performansı olarak adlandırılmıştır. Tablo 4-2'de PYSS sütununda plaka yer saptama sisteminin sonuçları verilmiştir.

Donanım üzerinde gerçekleştirilen Plaka tanıma sisteminin ikinci bölümü olan karakter bölütleme sisteminin performansını bulmak için akan video üzerinde PYSS tarafından doğru olarak tespit edilmiş muhtemel plakalar alınarak bunlar üzerinden doğru olarak karakterlerine bölütlenmiş ve bölütlenememiş plakalar sayılmış ve toplam plaka sayısı ile oranı bulunmuştur. KBS'de PYSS'ne benzer olarak akan video üzerinde çalışmakta ve her film karesi için sonuç üretilmektedir. KBS'nin performansını olarak PYSS tarafından doğru şekilde tespit edilen 39 adet plaka bölgesi içinden 34 adet plaka doğru şekilde karakterlerine bölütlenebilmiştir ve karakter tanıma sistemine gönderilmiştir. Başarılı olarak karakterlerine bölütlenen plakaların sayısı, toplam PYSS tarafından doğru olarak bulunan plaka sayısına oranlandıktan sonra yüz ile çarpılarak yüzde olarak sonuç bulunmuş ve bu sonuç karakter bölütleme sisteminin performansı olarak adlandırılmıştır. Tablo 4-2 'de KBS sütununda karakter bölütleme sisteminin sonuçları verilmiştir.

Plaka tanıma sisteminin üçüncü ve son bölümü olan karakter tanıma sisteminin performansını bulmak için her karakter tek tek karakter tanıma sistemine gönderilmeli ve KTS'nin sonucu oluşturulmalıdır. Bu işlemin yapılabilmesi için her bir plaka karakter bölütlenme sonrasında 16 kez SOM fonksiyonu çağrılması gerekmektedir. 16 kez çağrılan SOM algoritması donanım içinde farklı alanlar kullandığından FPGA'in içinde yer alan CLB'den daha fazla sayıda CLB ihtiyacı

doğmuştur. Sentezleme sonrası elde edilen sonuç Şekil 4-1'de verilen bilgilerden görülebilir.

Design Overview for acilis

Property	Value
Project Name:	d:\users\hcaner\vhdl\deneme\deneme.isc
Target Device:	xc4vsx35
Constraints File:	/source/top.ucf
Report Generated:	Sunday 11/19/06 at 13:22
Printable Summary:	acilis_summary.html

Device Utilization Summary

Logic Utilization	Used	Available	Utilization	Notes
Total Number Slice Registers:	43,888	30,720	142%	(OVERMAPPED)
Number used as Flip Flops:	43,551			
Number used as Latches:	115			
Number of 4 input LUTs:	50,310	30,720	163%	(OVERMAPPED)
Logic Distribution:				
Number of occupied Slices:	30,759	15,360	200%	
Number of Slices containing only related logic:	14,467	30,759	47%	
Number of Slices containing unrelated logic:	16,292	30,759	52%	
Total Number 4 input LUTs:	54,157	30,720	176%	(OVERMAPPED)
Number used as logic:	50,310			
Number used as a route-thru:	3,845			
Number used as Shift registers:	2			
Number of bonded IOBs:	49	448	10%	
Number of BUFQ/BUFCTRLs:	10	32	31%	
Number used as BUFQs:	10			
Number used as BUFCTRLs:	0			
Number of FFO16/RAMB16s:	21	192	10%	
Number used as FFO16s:	0			
Number used as RAMB16s:	21			
Number of DCM_ADVs:	1	8	12%	

Performance Summary

Property	Value
Data Not Yet Available	

Failing Constraints

Constraint(s)	Requested	Actual	Logic Levels
---------------	-----------	--------	--------------

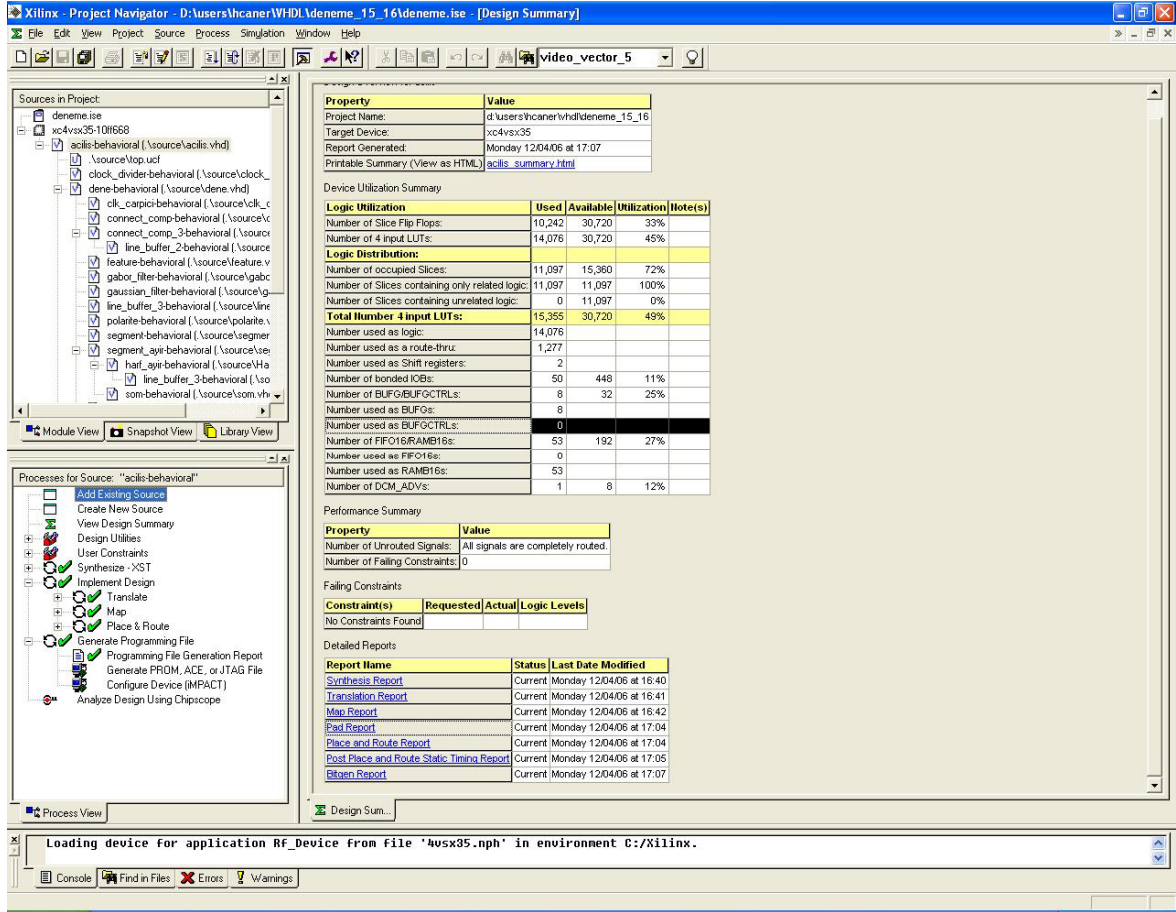
running unreported packing...
ERROR:Pack:18 - The design is too large for the given device and package.
Please check the Design Summary section to see which resource requirement for your design exceeds the resources available in the device.

If the slice count exceeds device resources you might try to disable register ordering (-r). Also if your design contains AREA_GROUPS, you may be able to improve density by adding COMPRESSION to your AREA_GROUPS if you haven't done so already.

Şekil 4-1 On altı Karakter İçin Sentezleme Sonucu

VHDL üzerinde hazırlanan yazılım için, donanım uygulama altyapısı amacı ile seçilen Xilinx firmasının ürünü olan ML402 numaralı kart içinde yer alan FPGA'in CLB sayısının çok üzerinde CLB kullanma ihtiyacı doğmuştur.

Plaka tanıma sistemine özgü FPGA kartı ve bu karta uygun video arayüz kartı tasarlandığından ve daha yüksek kapasiteli FPGA'in mevcut olmamasından dolayı sadece bir adet muhtemel karakter bölgesi için SOM fonksiyonunun VHDL içinde çalışması için hazırlanan yazılım derlenmiştir. Bu derleme sonrası elde edilen sonuç Şekil 4-2'de verilmiştir.



Şekil 4-2 Tek Karakter İçin Sentezleme Sonucu

Donanım üzerinde uygulanmış Plaka tanıma sisteminin sonucunu FPGA üzerinden tüm karakterler için alınamamıştır. 16 adet olan muhtemel karakter bölgeleri içinden sadece 1 adet muhtemel karakter bölgesi için donanım üzerindeki SOM fonksiyonu çalışmakta ve değerler üretmektedir. Bu değerler kullanılarak karakter tanıma sisteminin performansı oluşturulamamıştır. Karakter tanıma sisteminin performansı video üzerinden ilgili PYSS ve KBS sistemlerinin performansını çıkartmakta kullanılan video kayıtlarından bir film karesi yakalanarak bilgisayar atılmış ve resim haline getirilmiştir. Bu resimler üzerinden karakter tanıma sisteminin performansı hesaplanmış sonuçların verildiği tabloya işlenmiştir.

KTS'nin performansını bulmak için KBS tarafından bölütlenerek tek tek karakter tanıma sistemine gönderilen karakterlerin tanıma sonuçlarının doğru sonuç veren ile doğru sonuç vermeyenler sayılmış ve KBS tarafından gönderilen toplam karakter sayısı ile oranı bulunmuştur. Performansını test edebilmek için KBS

tarafından doğru bölütlenmiş 255 adet karakter içinden 230 adet karakter doğru şekilde tanınmıştır. Başarılı olarak tanınan karakterlerin sayısı, toplam KBS tarafından doğru olarak bölütlenen karakterlerin sayısına oranlandıktan sonra yüz ile çarpılarak yüzde olarak sonuç bulunmuş ve bu sonuç karakter tanıma sisteminin performansı olarak adlandırılmıştır. Tablo 4-2’de KTS sütununda karakter tanıma sisteminin sonuçları verilmiştir.

	PYSS	KBS	KTS
Akan Video İçindeki Araba Sayısı	39/42	34/39	240/255
Doğruluk oranı %	92,85%	87,17%	94,12%

Tablo 4-2 Donanım Sonuçları

Algoritma, bilgisayara daha önceden kaydedilen resim dosyaları üzerinden çalışmaktadır. Çekilen resimler uygun ışık ortamında ve flaş kullanılarak çekilmiştir. Algoritma içinde tek bir resim dosyasından tüm işlemler yapılmaktadır. Buna karşın donanım üzerinde sonuç üretilmesi için akan video üzerinde işlemler yapılmaktadır. Donanım üzerinde işlemler yapılırken PTS’ye girdi olarak verilen ilk orijinal resimden 4 film karesi sonra ikinci işlem görmemiş resim alınmakta ve 9 film karesi sonrasında ise işlem görmemiş son resim alınmaktadır. Dolayısıyla ilk orijinal resim ile son orijinal resim arasında 9 film karelik zaman farkı vardır. PAL video standardında PTS için ilke işlem gören ilk resim ile son resim arasında 360 milisaniyelik zaman farkı vardır. 360 milisaniyelik gecikmenin getirdiği iki resim arasındaki ufak farklılıktan dolayı PYSS modülünün doğruluk oranı farklılığı oluşmuştur.

Algoritma ve donanım uygulama sonuçları arasındaki KBS ve KTS’nin doğruluk oranları arasında belirgin bir fark görülememiştir. Ufak farklılıkların sebebi ise sonuç elde etmekte kullanılan verilerin düşük sayılarda seçilmesinden dolayı yaşanmıştır. Her iki sistemde de sonuç oluşturmak için kullanılan veriler artırıldıkça KBS ve KTS’nin doğruluk oranlarının birbirine yaklaşacağı düşünülmektedir.

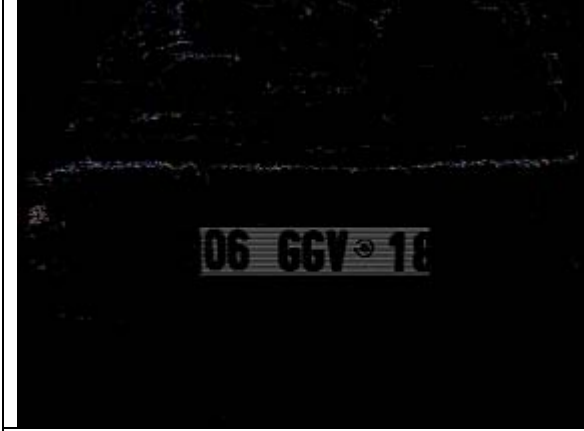
Test videoları üzerinden örnekleme ile alınmış görüntüler ve donanım ile plaka tanıma işlemine tabi tutulurken video çıktısı kullanılarak alınan sonuçlar Tablo 4-3

içinde yer alan şekillerde verilmiştir. Bu tablodaki ilk sol üstte yer alan ilk şekilde orijinal giriş görüntüsü, ikinci şekilde Gabor filtre uygulanmış ve yatay yönde genişletilmiş görüntü, üçüncü şekilde orijinal resimden alınan ve siyah beyaza çevrilen görüntü, dördüncü şekilde ise karakter bölütleme sisteminin çıktısı olan video görüntüsü bulunmaktadır. Her dört şeklin altında kalan bölümde ise kendisinde önce gelen dört şekil içinde kalan arabanın karakter tanıma sistemi tarafından tanınan sonucu görülmektedir.

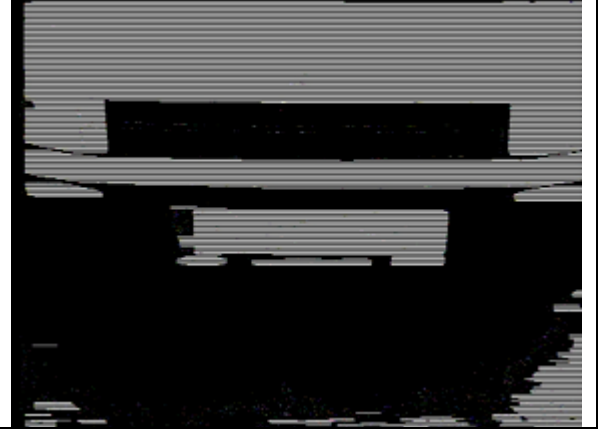




Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 Z 4433



Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 08 GGV 18

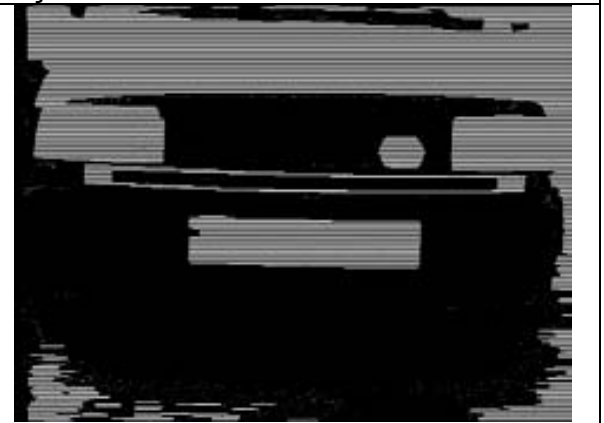




Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 08 AC 1158



Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 16 AE 8237



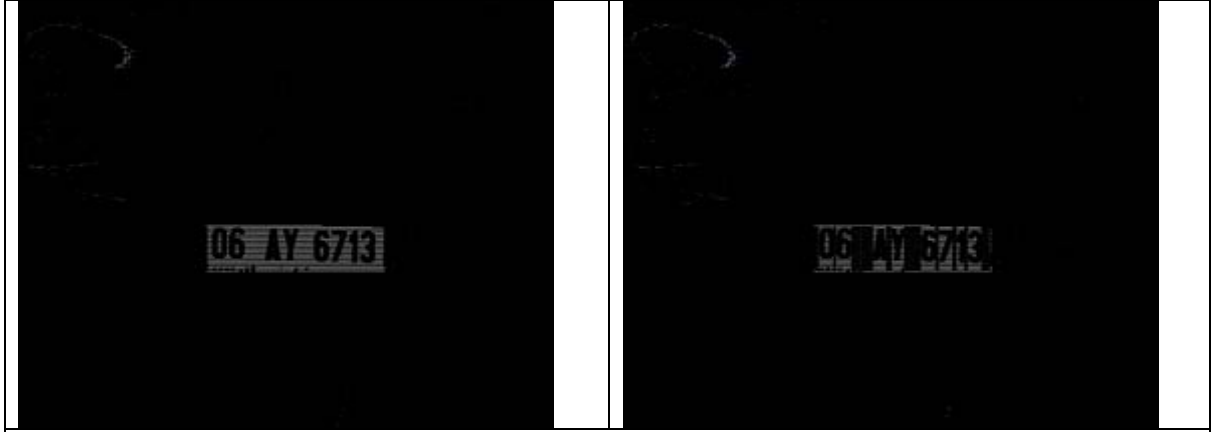


Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 Z 4705



Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 LS 266

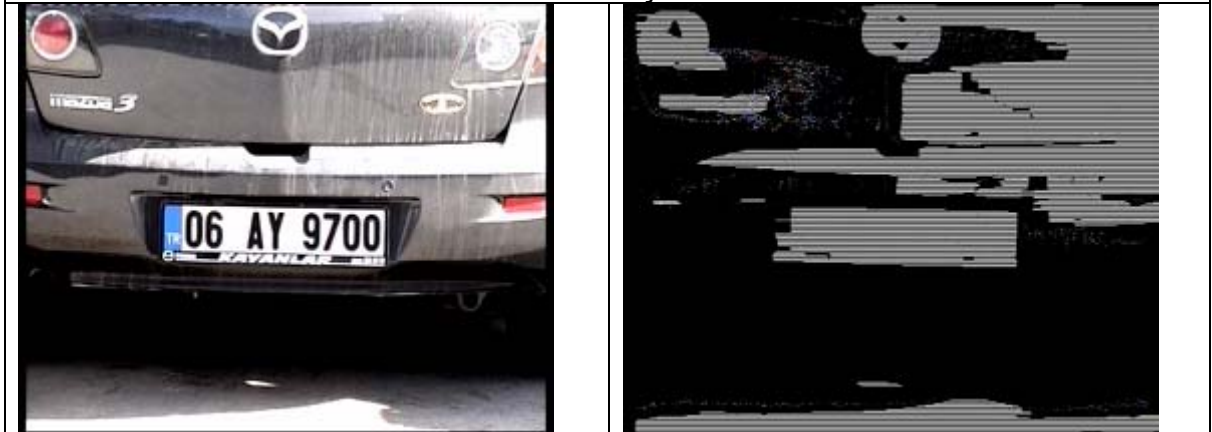


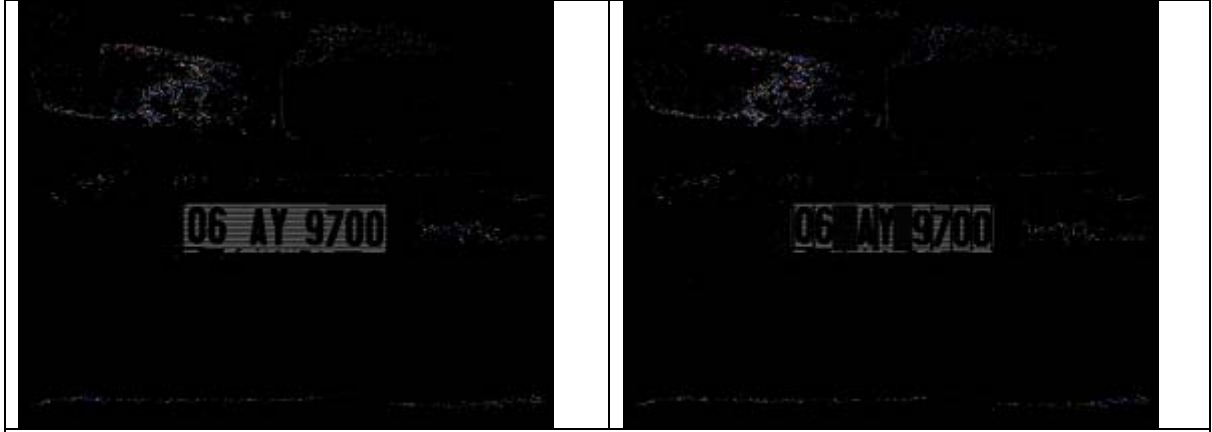


Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 AY 6713



Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 ZPA 39

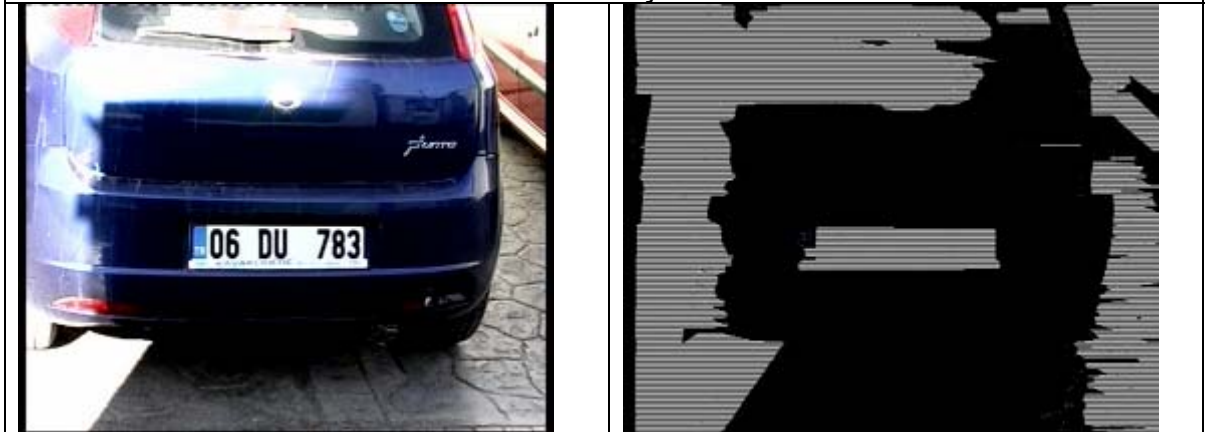




Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 AY 9700

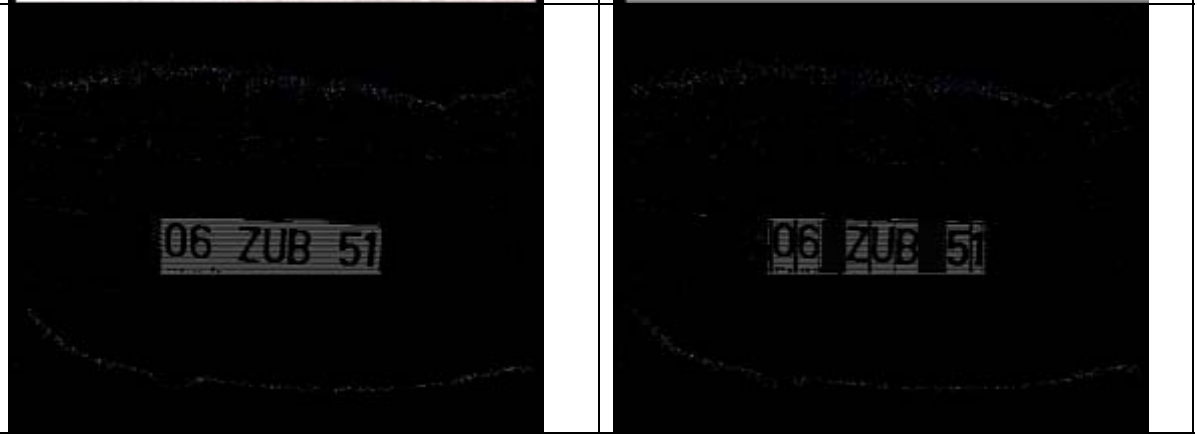
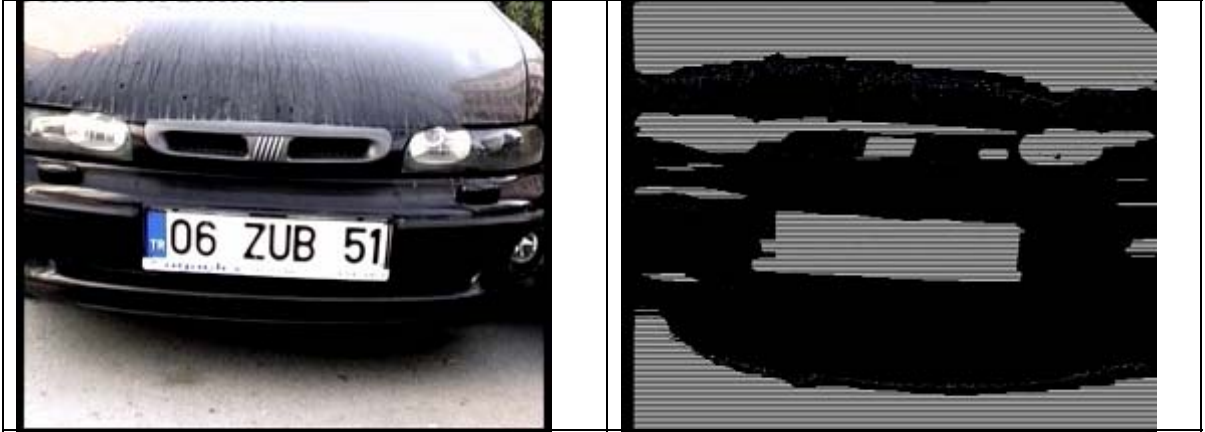


Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 KCG 53

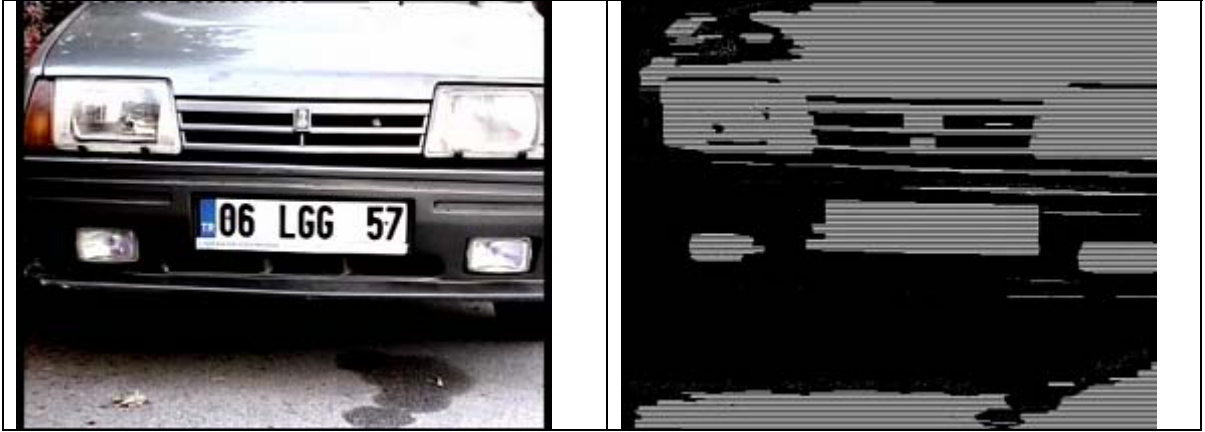




Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 0G DU 783



Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 06 ZUB 51





Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 0G LGG 57



Plaka tanıma sistemi tarafından alınan sonuç: 0G LGG 57

Tablo 4-3 Donanım Örnekleme Görüntü Sonuçları

BÖLÜM 5

5 YORUMLAR

Bu tezde sadece donanım kullanarak gerçek zamanlı sistemler için plaka tanıma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem için video giriş / çıkış arayüz kartından FPGA'de içinde kullanılan koda kadar tamamen özgün bir tasarımıdır. Donanım kullanılarak yapılan plaka tanıma sistemi video içinde yer alan her film karesi için sonuç üretmekte fakat 13 film karesi gecikmeye sahip olmaktadır. PAL video sinyalinin standartları düşünüldüğünde saniyede toplam 25 film karesi bulunmaktadır. Dolayısıyla bizim tasarladığımız plaka tanıma sistemi ilk sonucu üretebilmek için 0.5 saniye zaman gecikmesine ihtiyaç duymaktadır. Bilgisayar üzerinde çalışan plaka tanıma sistemleri ise ilk çıkışı verebilmek için 3 saniye veya daha fazla zamana ihtiyacı vardır [1],[23],[24]. Bilgisayarlı sistemlerde paralel çalışma mümkün olmadığı için her film karesi için ayrı bir sonuç üretmek mümkün değildir. Hızlı cevap vermesi ve düşük maliyet sebebi ile donanım üzerinde çalışan plaka tanıma sistemi; radar ile hız kontrolü, trafik ışıkları ve kavşak kontrolü, otoyollar ve köprü gişeleri gibi hızlı akan trafikte kullanıma uygundur.

5.1 Gelecekteki çalışma önerileri

Bu tezde FPGA içinde sabit SOM ağırlık matrisi kullanılmıştır. Fakat her başarılı plaka tanıma sonucunda ile SOM ağırlık matrisleri güncellenebilir.

VHDL içinde ileri beslemeli geri yayımlı sinir ağı uygulaması gerçekleştirilip SOM ile karşılaştırma yapılarak yüksek yüzde ile karakter tanıma işleminin gerçekleştirilmesi sağlanabilir.

Plaka tanıma sistemi üzerinde tespit edilen plakaları kablosuz olarak GSM ya da benzer altyapıları kullanarak iletme yönünde çalışmalar yapılabilir. Böylelikle araç park metreler gibi şehrin her tarafına yayılabilen sistemlerin daha yoğun kullanılabilmesi ortam oluşturulabilmektedir. Bu durumda eklemeler ile ürün olarak satılabilen yeni plaka tanıma sistemi dışarıdan verilecek sadece güç kablosu ile kullanılabilir hale gelmektedir. Dolayısıyla altyapı, İşletim ve kurulum maliyetleri azalmaktadır.

Donanım üzerinde akan video kullanılarak yapılan plaka tanıma işlemine yüksek çözünürlüklü fotoğraf makinesine takılarak akan video yerine tek bir resim dosyasının kullanılması sağlanabilir. Bu yöntem kullanıldığında plaka tanıma sistemi ile araç arasındaki mesafe artırılabilir. Bu işlem bu tezde uygulanan ve akan video üzerinde plaka tanıma işlemleri yapan PTS'nin ana yaklaşımını değiştirmektedir.

Plaka tespit çalışmalarında değişiklik yapılarak plaka dışı yazıları da okuyabilir hale getirilebilir.

FPGA'in yanına bir adet işlemci eklenerek ve FPGA ile işlemci iş paylaşımı yapılabilir. Örnek olarak BBA ve SOM işlemleri işlemci üzerine taşınabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kahraman F., Kurt B., Gökmen M., License Plate Character Segmentation Based on the Gabor Transform and Vector Quantization, ISCIS, pp. 381-388, 2003.
- [2] Tomasetti R. and Frechette S., "Passive Automatic Vehicle Identification System". <http://xfactor.wpi.edu/Works/MQP/avi96/mpq/mpq.html>.
- [3] Ryan M. and Oldrey D., "Automatic License Plate Recognition System", 1997. <http://www.compapp.dcu.ie/Projects/1997/mryan-doc.zip>.
- [4] Yanamura Y., Goto M., Nishiyama D., Soga M., Nakatani H., Saji H., Extraction and tracking of the license plate using Hough transform and voted block matching. IEEE IV2003 Intelligent Vehicles Symposium. Proceedings, pp.243–6. Piscataway, NJ, USA, 2003.
- [5] Kamat V., Ganesan S.. An efficient implementation of the Hough transform for detecting vehicle license plates using DSP'S. Real-Time Technology and Applications Symposium (Cat. No.95TH8055). IEEE Comput. Soc. Press. 1995, pp.58–9. Los Alamitos, CA, USA.
- [6] Ron B.H and Erez J., A Real-time vehicle License Plate Recognition (LPR) System Winter 2002 Project's home-page: <http://visl.technion.ac.il/projects/2002w03>.
- [7] ML40x Evaluation Platform User Guide UG080 (v2.0) P/N 0402337 Xilinx February 28, 2005 www.xilinx.com.
- [8] Simon H, Neural Networks: A Comprehensive Foundation (2nd Edition) pp.443–454 Jul6,1998.
- [9] Hikawa H., FPGA implementation of self organizing map with digital phase locked loops, Science Direct, Neural Networks 18 (2005) 514–522 2005.06.012.
- [10] Yu M., and Kim Y. D., " An approach to Korean License Plate Recognition based on Vertical Edge matching" IEEE Proceedings. 2000(0-7803-6583-6/00).
- [11] BAYKAL N., YALABIK N., GÖKDOĞAN A.H., Character recognition using Kohonen's Feature Map, Computer and information science VI edited by M. Baray, B.Özgüç elsevier Science Publishers B.V. 1991.
- [12] Choe Y., Laterally Interconnected Self Organizing Feature Map in Handwritten Digit Recognition, Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin, Thesis, August 1995.

- [13] Kohonen T., Self-Organizing Maps 2001.
- [14] Philips Semiconductors 9-bit video input processor SAF7113H R21/02/pp81 Document order number: 9397 750 12902 Date of release: 2004 Mar 22.
- [15] Analog Devices Chip Scale PAL/NTSC Video Encoder with Advanced Power Management ADV7174/ADV7179 datasheet C02980-0-2/04(A),2004.
- [16] Yohimori S., Mitsukura Y., Fukumi M., Akamatsu N., Pedrycz W., License Plate Detection System by Using Threshold Function and Improved Template Matching Yöntem IEEE 2004 (0-7803-8376-1/04).
- [17] Hongliang B., Changping L., A hybrid License Plate Extraction Yöntem Based On Edge Statistics and Morphology IEEE Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition 2004 (1051-4651/04).
- [18] Lu, Y., Machine printed character segmentation, Pattern Recognition, vol. 28, n. 1, 67-80, Elsevier Science Ltd, UK, 1995.
- [19] Barroso J., Rafael, A., Dagless, E. L., Bulas-Cruz, J., Number plate reading using computer vision, IEEE –International Symposium on Industrial Electronics ISIE'97, Universidade do Minho, Guimarães, 1997.
- [20] Nathan V.S.L., Priya R.J.K., S New approaches for license plate recognition system,IEEE 2004(0-7803-8243-9/04).
- [21] Nukano T., Fukumi M., Khalid M., Vehicle License Plate Character Recognition by Neural Network IEEE 2004 (0-7803-8639-6/04).
- [22] BT.656 Video Interface for ICs July 2002 AN9728.2 Intersil Corporation www.intersil.com.
- [23] Kahraman F., Demiröz B.E., Kurt B., Gökmen M., Bakış Açısından Bağımsız Gürbüz Plaka Tanıma Sistemi (vew Independent Robust License Plate Recognition System).
- [24] Kahraman F., Gökmen M., Gabor Süzgeçler Kullanılarak Taşıt Plakalarının Yerinin Saptanması,Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, sayfa 317-322,Koç Üniv., 2003.
- [25] Ekinci M., Oruç B., Sayki Y., and Ahmetoğlu M., from Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, “Görme-Tabanlı Araç ve Plakalarının Belirlenmesi ve Yapay Sinir Ağlarının kullanılarak tanımlanması”, SIU'98, 6. Sinyal işleme ve Uygulamaları Kurultayı; Kızılcahamam / ANKARA.
- [26] Daugman, J.G., Two Dimensional Spectral Analysis of Cortical Receptive Field Profile, Vision Research, vol. 20, 847-856, 1980.

- [27] Bellas N., Chai S. M., Dwyer M., Linzmeier D., FPGA implementation of a license plate recognition SoC using automatically generated streaming accelerators IEEE 2006 (1-4244-0054-6/06).
- [28] Virtex-4 User Guide UG070 (v1.6) Xilinx October 6, 2006 www.xilinx.com.
- [29] Virtex-4 Packaging and Pinout Specification UG075 (v2.4) September 30, 2005 www.xilinx.com.
- [30] Virtex-4 Data Sheet DC and Switching Characteristics DS302 (v1.17) October 6, 2006 www.xilinx.com.
- [31] Virtex-4 Family Overview DS112 (v1.6) October 10, 2006 www.xilinx.com.
- [32] Constraints Guide ISE 7.1i xilinx 2005 www.xilinx.com.
- [33] Development System Reference Guide ISE 7.1i xilinx 2005 www.xilinx.com.
- [34] XST User Guide ISE 7.1i xilinx 2005 www.xilinx.com.
- [35] Üçüncü B., Computer Based Identification Of Car License Plate, A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of The Middle East Technical University September 2000.
- [36] Nelson A. E., Implementation Of Image Processing Algorithms On Fpga Hardware, Thesis Submitted to the Faculty of the Graduate School of Vanderbilt University in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE in Electrical Engineering May 2000.
- [37] Chai D., Bouzerdoum A., "A Bayesian Approach To Skin Color Classification in YCbCr Color Space", School of Engineering and Mathematics Edith Cowan University, Joondalup 6027, Perth, Australia.
- [38] YUV and YIQ, http://www.answers.com/main/ntquery;jsessionid=29rs7p6ocv2nw?method=4&dsid=1512&dekey=YUV&gwp=8&curtab=1512_1&sbid=lc04a

EKLER DİZİNİ

EK-1 Video arayüz kartı bilgileri

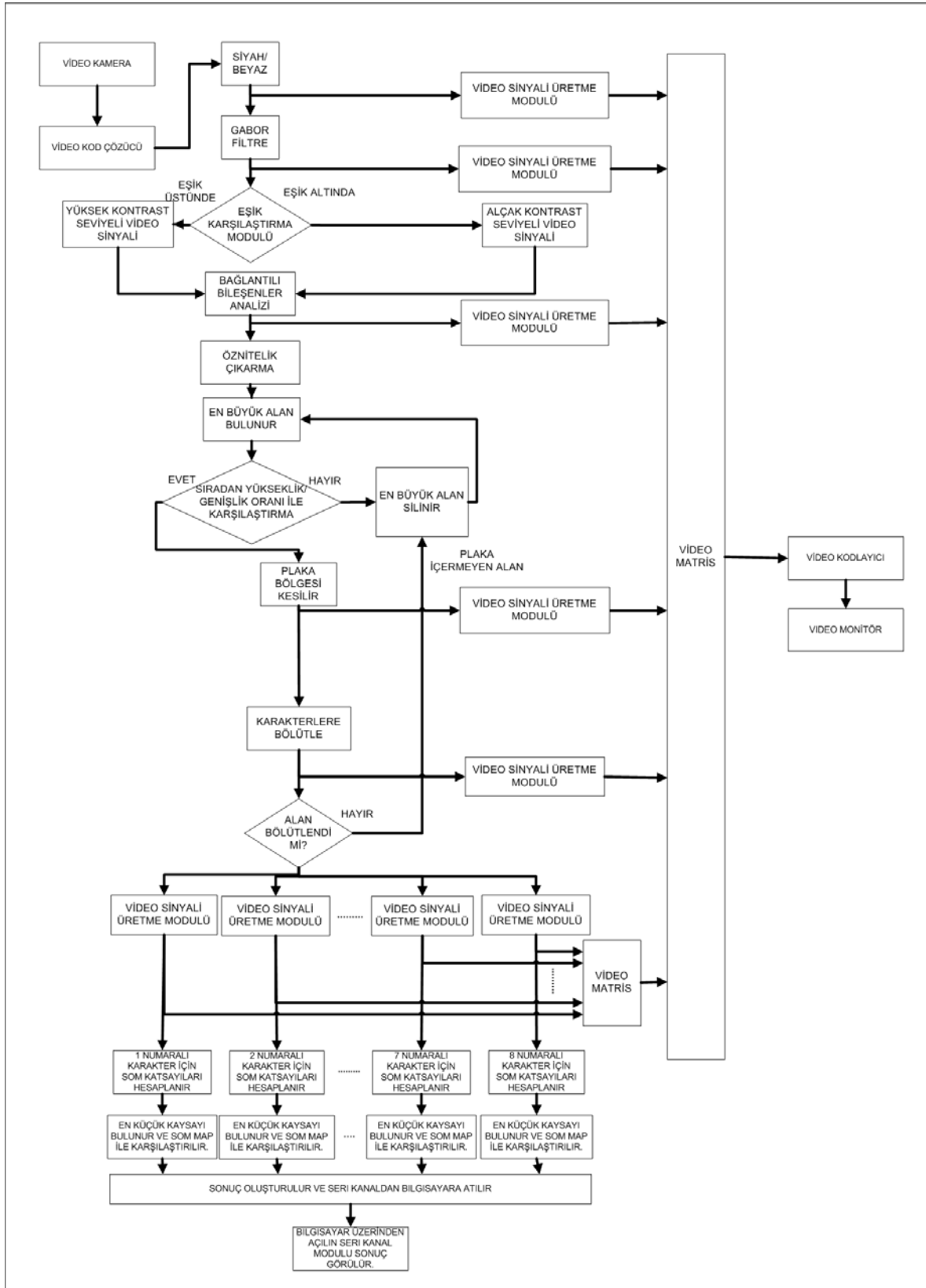
EK-2 Akış diyagramı

EK-3 Video arayüz ve FPGA kartı

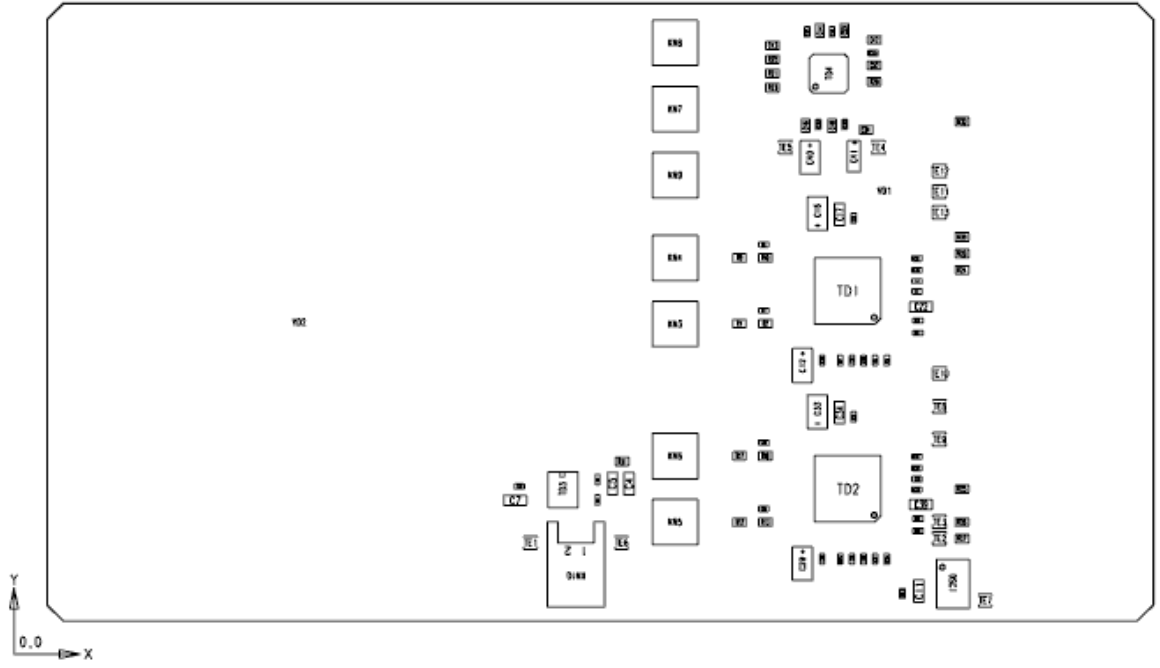
EK-4 Profesyonel Plaka Tanıma Sistemleri

EK-5 Testler sırasında Kullanılan Donanımlar

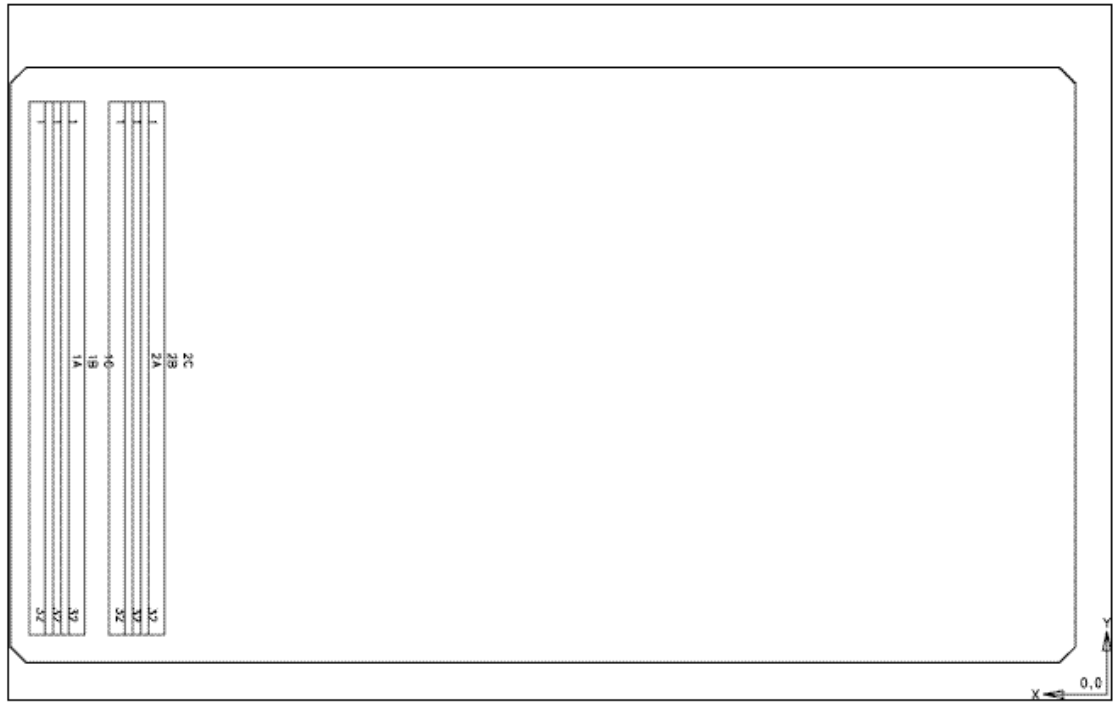
EK-2 Akış diyagramı



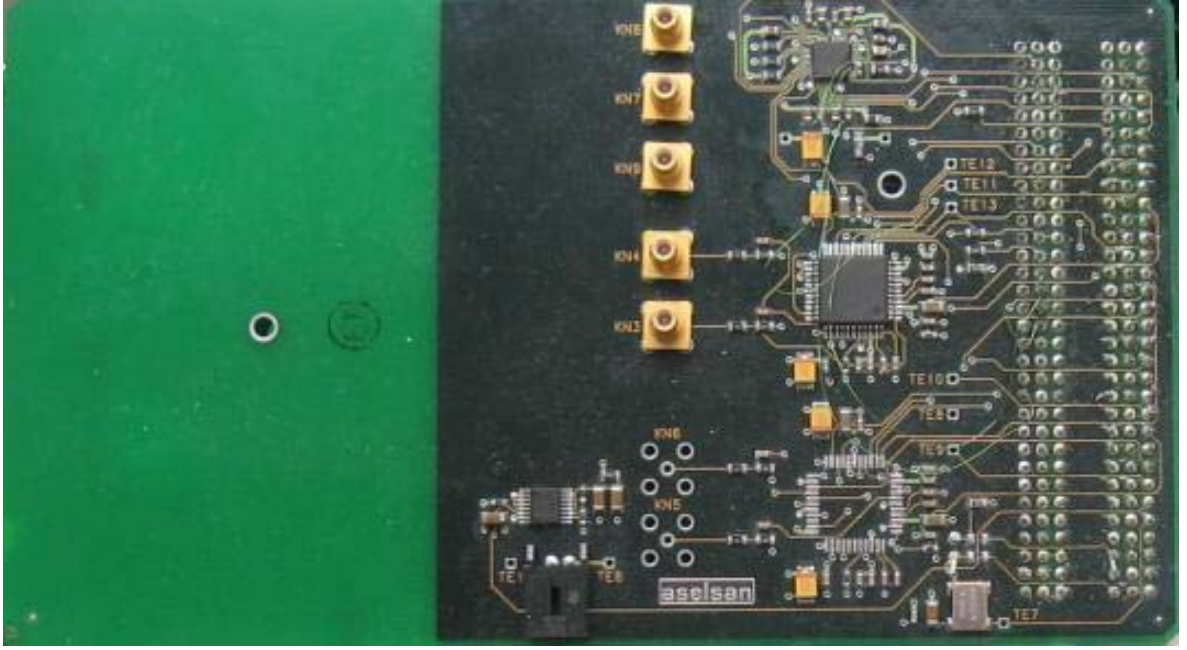
EK-3 Video arayüz ve FPGA kartı



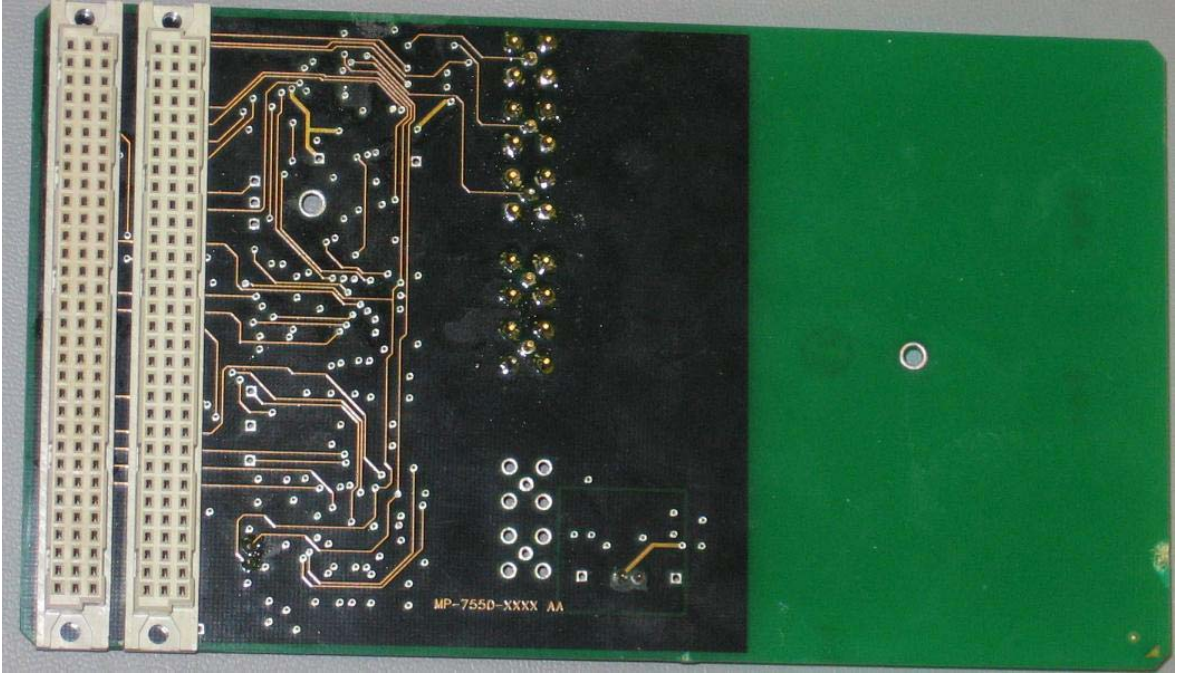
Şekil 1 Malzeme yerleşim tarafından görünüş



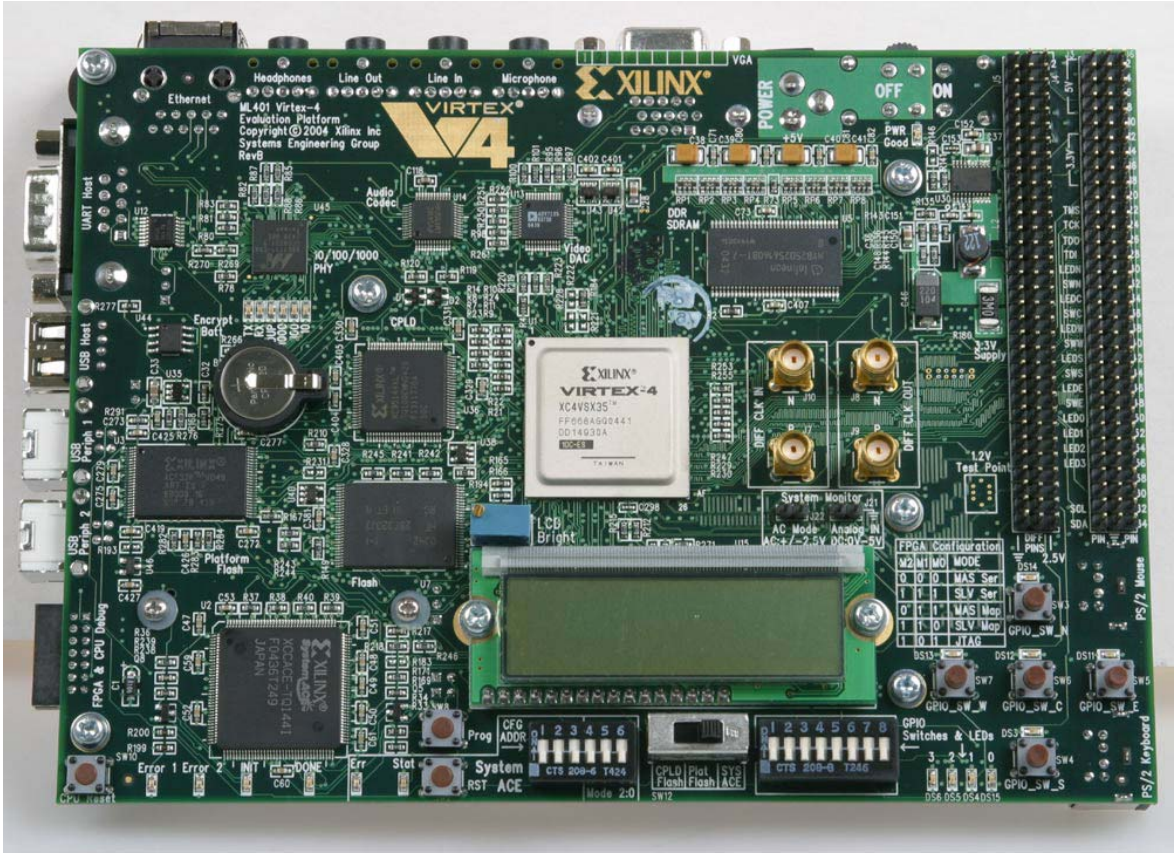
Şekil 2 Bağlaç yerleşim tarafından görünüş



Şekil 3 Video arayüz kartı önden görünüş



Şekil 4 Video arayüz kartı arkadan görünüş



Şekil 5 FPGA Kartı

MIKTAR	TANIM/COMP PROP.	KONUM
1	RESISTOR, 1K	R20
2	RESISTOR, 100K	R21 R23
2	RESISTOR, 1.21K	R24 R25
1	RESISTOR, 150	R22
4	RESISTOR, 18.2	R1 R9 R12 R17
4	RESISTOR, 56.2	R2 R10 R13 R18
6	RESISTOR, 0	R26 R27 R28 R29 R30 R31
5	CAPACITOR, 10n	C45 C47 C49 C51 C53
7	CAPACITOR, 100n	C42 C43 C44 C46 C48 C50 C52
4	CAPACITOR, 2.2u	C17 C22 C34 C39
4	CAPACITOR, 4.7u	C4 C5 C7 C11
12	CAPACITOR, 47n	C1 C2 C3 C6 C8 C9 C23 C24 C25 C26 C27 C28
15	CAPACITOR, 100n	C10 C13 C14 C15 C18 C19 C20 C21 C30 C31 C32 C35 C36 C37 C38
1	CAPACITOR, 10u	C41
5	CAPACITOR, 22u	C12 C16 C29 C33 C40
1	24.576MHz	OSC1
1	MAX1793	TD3
7	CONN SMB	KN3 KN4 KN5 KN6 KN7 KN8 KN9 KN10
6	CONN 3X32	KN1 KN2
1	INDUCTOR, BEAD_0.5A	EB1
4	RESISTOR, 1.21K	R7 R11 R15 R19
1	RESISTOR, 10K	R6
1	RESISTOR, 16.2K	R4
1	RESISTOR, 100K	R3
1	Video Kodlayıcı ADV7174	TD4
2	Video Kod Çözücü SAF7113H	TD1 TD2

Tablo 1 Video Arayüz Kartı Malzeme Bilgileri

EK-4 Profesyonel Plaka Tanıma Sistemleri

Dünyada profesyonel olarak plaka tanıma sistemi tasarlayan ve ürün oluşturup satan birçok firma bulunmaktadır. **Error! Reference source not found.**'de en çok tanınan firmaların ve ürünlerinin listesi görülmektedir. [2].

Supplier	Product Name
AITEK Srl	TarGet
Alphatech Inc.	Argus; VES (Violation Enforcement System)
Amano Cincinnati, Inc.	LPR (License Plate Recognition System)
American Traffic Systems, Inc.	AutoPass/AutoScan
AutoVu Technologies, Inc.	AutoTrace
Belgian Advanced Technology Systems	CIS (Car Identification System)
ECM Inc.	Neuroplak
Elettronica Santerno SpA.	SIRIO
ELIOP Tráfico SA.	SIPA
Federal APD, Inc.	License Plate Inventory
Fornix Information Technologies	Carina
Fraunhofer-Institute	ISYPLATE
Gevis Video Identifizierungs-Systeme	VIS1000 (Video Identification System)
Hi-Tech Solutions	LPR (License Plate Reader); SEE/CAR
Hughes Transportation Management	Video-Tag
MAZ Hamburg GmbH	MAZ-VIS (Vehicle Identification System)
Monitron International Ltd.	Number Plate Recogniser
Neurotechnologija Ltd.	CIS (Car Identification System)
Non-Cooperative Target Recognition Ltd.	VIA
OMRON Corporation	Automatic Vehicle Identifier
Optasia Systems Pte Ltd	IMPS (Integrated Multi-Pass System)
Parsytec Computer GmbH	Ruggedized ID-Recognition Systems

Perceptics Corporation	LPR (License Plate Reader)
R&H Systems BV	KEVER
Racal Messenger Ltd.	Talon
R.B. TEC Ltd.	CMPS (Car Plate Matching System)
Redflex Traffic Systems Pty Ltd.	TCO (Automated Traffic Camera Office)
Siemens Traffic Controls Ltd.	ARTEMIS-IC
Telematica Systems Ltd	Automatic Number Plate Recognition
Telstra Applied Technologies	Safe-T-Cam
Visual Image Dynamics Ltd.	ANPR (Automatic Number Plate Reader)
Zamir Recognition Systems Ltd.	Centurion

Tablo 1 Profesyonel plaka tanıma sistemleri.

EK-5 Testler sırasında Kullanılan Donanımlar



Şekil 1 FPGA'e yazılım yüklemek için kullanılan USB – JTAG kablosu



Şekil 2 PAL Video Oynatıcı ve Kaydedici



Şekil 3 PAL Video Monitör

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hakan CANER

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 1979

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu :

Lise :1993-1997 Yenimahalle Anadolu Teknik Lisesi, Ankara

Lisans :1997-2002 Hacettepe Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi :

Ekim, 2002 - ... Aselsan A.Ş. ,Ankara