

150341



T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CMOS GÖRÜNTÜ ALGILAYICI İLE KAMERA TASARIMI

Gökhan BEKTAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. F. Necati ECEVİT

GEBZE

2004

150341

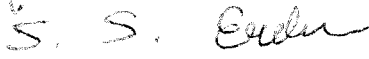
Gökhan BEKTAŞ'ın tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 07.06.2004 tarih ve 2004/30 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç.Dr. F.Necati Ecevit



Yrd.Doç.Dr. Serdar Süer Erdem



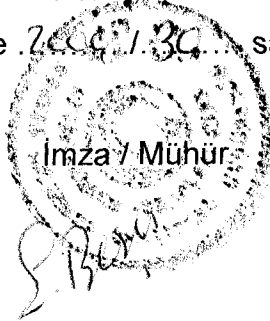
Yrd.Doç.Dr. Abdülkadir BALIKÇI



ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 21.07.2004 tarih ve 2004/30 sayılı kararı.

İmza / Mühür



ÖZET

Bu çalışmada sayısal kameralarda kullanılan CMOS görüntü algılayıcı teknolojisi incelenmiş ve bir CMOS görüntü algılayıcı kullanılarak, kişisel bilgisayarlarda kullanılmak üzere bir kamera tasarlanmıştır.

Tasarımda National Semiconductor (ABD) firmasının LM9638 adlı 1280x1024 çözünürlüklü, 10bit dahili analog-sayısal dönüştürücüye sahip CMOS görüntü algılayıcısı kullanılmıştır.

Görüntü algılayıcının çalıştırılması için baskılı devre kartları yapılmış, algılayıcının parametrelerini denetleyen bir mikrodenetleyicili sistem tasarlanmıştır. Ayrıca kişisel bilgisayar tarafında özel bir analog-sayısal dönüştürücü kart kullanılmış ve bu kart ile görüntü alınan bir yazılım tasarlanmıştır.

SUMMARY

In this study, CMOS image sensor technology in digital camera has been examined and a personal computer camera has been designed with using a CMOS image sensor.

National Semiconductor's (USA) LM9638 image sensor with 1280x1024 resolution and 10bit internal analog to digital converter has been used in this design.

To run the image sensor, printed circuit boards has been made and to set the image sensor's parameters, a microcontroller based system has been designed. Additionally, a special analog to digital conversion board has been used at the personal computer side of the system and a image capture software has been designed for personal computer.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda danışmanlığımı üstlenen, çalışma süresince bilgileri ve görüşleriyle yardımcı olan danışmanım Doç. Dr. F. Necati ECEVİT'e, çalışmada kullanılan cihazların temini konusundaki yardımlarından dolayı TÜBİTAK-UEKAE'ye, teknik yardımlarından dolayı National Semiconductor firmasına ve anlayışları destekleri için aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
GRAFİKLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Sayısal Kameralar	1
1.1.1. Sayısal Kameraların Kullanım Alanları	1
1.1.1.1. Endüstriyel Uygulamalar	1
1.1.1.2. Askeri Uygulamalar	3
1.1.1.3. Bilimsel Uygulamalar	3
1.1.2. Sayısal Kameraların Genel Özellikleri	3
1.1.2.1. Çözünürlük	4
1.1.2.2. Derinlik	4
1.1.2.3. Çerçeve Hızı	5
1.2. Akıllı Kameralar	6
2. SAYISAL KAMERALARIN YAPISI	8
2.1. Görüntü Algılayıcılar	8
2.1.1. Piksellerin Dizilişine Göre Görüntü Algılayıcılar	8
2.1.2. Piksellerin Yapısına Göre Görüntü Algılayıcılar	9
2.1.2.1. CMOS Görüntü Algılayıcılar	10
2.1.2.1. Uygulamaya Özel Tümdevre Üzerinde İnce Film Kaplama	14
2.2. Sayısal Kameraların Görüntü Aktarım Metodları	16
2.2.1. Evrensel Seri Veriyolu (USB)	16
2.2.2. Ethernet	17
2.2.3. FireWire	18
2.2.4. Camera Link	19

2.1.4.1. Kamera Denetimi	22
2.1.4.2. Orta ve Tam Konfigürasyon	22
2.1.4.3. Veri Kapısı İşlev Dağılımı	23
2.1.4.5. Camera Link Yazılım Kütüphanesi	25
3. KAMERA TASARIMI	26
3.1. Kullanılan Görüntü Algılayıcı	27
3.1.1. İndirgenmiş Örnekleme Modları	29
3.1.2. Siyah Seviyesi ve Ofset Ayarı	33
3.1.2.1. Otomatik Olmayan Siyah Seviyesi ve Ofset Ayarı	33
3.1.2.2. Otomatik Siyah Seviyesi ve Ofset Ayarı	33
3.1.3. Algılayıcının Denetimi	34
3.1.4. Seri Veriyolu	35
3.2. Kullanılan Mikrodenetleyicinin Seçilmesi	36
3.2.1. Tekrar Tekrar Programlanabilirlik	36
3.2.2. Dahili Donanımsal I ² C Seri Haberleşme Ünitesi	36
3.2.3. Dahili Donanımsal RS-232 Seri Haberleşme Ünitesi	37
3.2.4. Çalışma Gerilimi	37
3.2.5. Çalışma Hızı	38
3.3. Kameranın Çalışması	38
4. SONUÇLAR	54
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	59
EKLER	

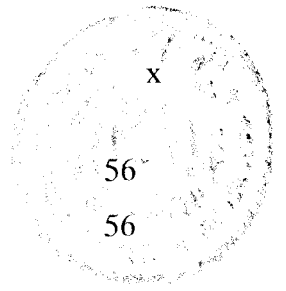
EK-1 : LM9638 Görüntü Algılayıcısının Yazmaçları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

Sayfa

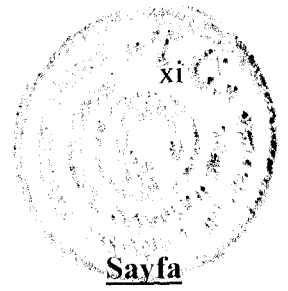
2.1. Bir CMOS görüntü algılayıcının blok şeması.	10
2.2. Pasif piksel tipli bir CMOS görüntü algılayıcının piksel yapısı.	11
2.3. Pasif piksel tipli bir CMOS algılayıcının genel yapısı.	12
2.4. Aktif piksel tipli bir CMOS piksel yapısı.	13
2.5. Aktif piksel tipli bir CMOS algılayıcının genel yapısı.	13
2.6. Silikon tümdevre üzerinde ince film algılayıcı tabaka yapısı.	15
2.7. Camera Link'te kullanılan LVDS işaretleşmenin yapısı.	20
2.8. 3M Camera Link Kablosu.	22
2.9. Camera Link bağlantı fişi (3M, MDR 26)	22
2.10. Konfigürasyonlara göre Camera Link işaretleri.	24
3.1. LM9638 CMOS görüntü algılayıcı blok şeması.	26
3.2. LM9638'in piksel dizilişi.	27
3.3. LM9638 algılayıcıda satır ve sütunların okunması.	28
3.4. Yatay ve düşey 2:1 indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.	29
3.5. Hem yatay, hem düşey 2:1 indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.	30
3.6. Yatay, düşey ve hem yatay, hem düşey 2:1 ortalamalı indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.	30
3.7. Yatay, düşey ve hem yatay, hem düşey 4:1 indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.	31
3.8. . Çerçeve okunuşu akış şeması.	31
3.9. Otomatik siyah seviyesi ayarlama devresi blok şeması.	33
3.10. I ² C seri veriyolu başlama ve durma koşulları.	35
3.11. Yapılan ilk test kartının baskılı devre görüntüsü.	41
3.12. Kamera kartı, mikrodenetleyici kısmı şeması.	45
3.13. RS-232 bağlantı devresi şeması.	46
3.14. Sayısal-analog dönüştürü kısmının devre şeması.	47
3.15. Görüntü algılayıcı kartın bağlantı şeması.	48
3.16. Sayısal-analog dönüştürücülü kartın baskılı devre görüntüsü.	49
3.17. Sayısal-analog dönüştürücünün çıkışındaki görüntü işareti.	51
3.18. Kamera ile elde edilen görüntü.	53



4.1. Üç aşamalı tampon görüntü belleği.

4.2. FPGA ve SDRAM tabanlı bir CMOS kameranın blok şeması.





TABLÖLAR DİZİNİ

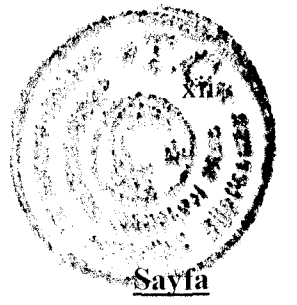
Tablo

Sayfa

2.1. National Semiconductor, LVDS alıcı ve verici tümdevreleri.	20
3.1. 2:1 indirgenmiş örnekleme için yazmaç-bit değerleri.	29
3.2. 2:1 Ortalamalı indirgenmiş örnekleme için yazmaç-bit değerleri.	30
3.3. 4:1 Ortalamalı indirgenmiş örnekleme için yazmaç-bit değerleri.	30
3.4. Algılayıcı kartın bağlantı işaretleri.	39



GRAFİKLER DİZİNİ



Grafik

3.1. PGA yazmacı değeri - kazanç grafiğı.

Sayfa

32



RESİMLER DİZİNİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Uzak Çözünürlüğün görüntü kalitesi üzerindeki etkileri.	4
1.2. Bit sayısının görüntü kalitesi üzerindeki etkileri.	5
2.1. Kodak KLI-0203, 3-renk doğrusal CCD görüntü algılayıcı	8
2.2. İki boyutlu bir görüntü algılayıcı.	9
3.1. LM9638 CMOS görüntü algılayıcı.	26
3.2. LM9638 algılayıcı kartının görüntüsü.	38
3.3. LM9638 CMOS algılayıcılı kamera devresinin görüntüsü.	40
3.4. Kartın monte edilmiş halinin fotoğrafı.	49
3.5. PCI-9812 Analog-sayısal dönüştürücü kartın fotoğrafı.	50



1. GİRİŞ

1.1. Sayısal Kameralar

Tümdevre teknolojisindeki, yüksek hızlı ve yüksek yoğunluklu devrelerin daha düşük maliyetlerle üretilebilmesi, tümdevre tasarımında daha yoğun otomatik tasarım olanakları sağlayan yazılımların geliştirilmesi gibi gelişmelerle, daha önceden sadece analog devrelerin kullanıldığı ses ve görüntü gibi birçok alana artık sayısal devreler hakim olmuştur.

Sayısal kameraları, analog kameralardan ayıran en önemli fark, görüntü verisine ait bilgilerin, görüntü alınırken veya aktarılırken sayısallaştırılmasıdır. Sayısallaştırılan görüntü verisi kameranın üzerinde işlenerek kullanılabilir veya sayısal olarak taşıyıp kaydedilebilir.

1.1.1. Sayısal Kameraların Kullanım Alanları

Sayısal kameralar endüstriyel, bilimsel ve askeri alanlarda oldukça geniş bir kullanım sahasına sahiptir.

1.1.1.1. Endüstriyel Uygulamalar

Yakın zamana kadar, fabrikalarda seri üretim sırasında nesnelerin düzgün yerleştirilmesi, nesnelerin tanınması ve kalite kontrol gibi aşamalarda insan gözü kullanılırken, sayısal kameraların ve görüntü işleme yazılım ve donanımlarının gelişmesiyle, bu işlemler artık otomatik olarak yapılmaya başlanmıştır.

Seri üretimde sayısal kameraların kalite kontrol için kullanılması günümüzde oldukça yaygındır. Genellikle, seri üretim hattından geçen, ve özel bir şekilde aydınlatılmış ürünlere belli bir açıdan bakan kameralar ile bu ürünler üzerinde boyut ve

renk ölçümleri yapılmakta veya daha önceden tanıtılmış sağlam ürünlerle benzerlik derecesinin belirlenmesine dayalı algoritmalar çalıştırılmaktadır.

Hemen hemen tüm seri üretim tesislerinde otomatik görüntü inceleme sistemlerinin kullanıldığı aşamalar mevcuttur. Örneğin, meyve üretimi ve paketlemesi yapan tesislerde meyvelerin üzerindeki renk ve şekil farklılıklarının algılanması mümkündür. Ayrıca değişik dalga boylarındaki ışığa duyarlılığı olan kameralarla, meyvelerdeki normalde gözle görülemeyen çürüme başlangıcı gibi bozuklukların algılanması da mümkün olabilmektedir.

Sayısal kameraların, seri üretimde, kalite kontrol amaçlı olarak en çok kullanıldığı sektörlerden birisi de tekstil sektörüdür. Kumaş dokuma fabrikalarında, dokuma hatalarının algılanması için, genişlik ölçümleri için, desen hatalarının algılanması için sayısal kameralar kullanılmaktadır.

Otomotiv sektöründe de sayısal kameralar oldukça sık kullanılmaktadır. Robotlarla montaj yapılan hatlarda, sayısal kameralar, kaynak işleri yapan robot kolları kontrol eden sistemlere yardımcı olmaktadır. Ayrıca en küçüğünden en büyüğüne, üretilen otomobil parçalarının belirli şablon görüntülerle karşılaştırılması da sayısal kameralı sistemlerle yapılmaktadır.

Otomatik görüntü inceleme sistemlerinin, gözle yapılan incelemelere göre, yapılan ölçümlerin kesin olması, dikkatin dağılması gibi insan hatalarına meydan vermemesi, çoğu zaman bir insana göre çok daha hızlı bir şekilde incelemelerin yapıp bitirilebilmesi, yapılan incelemenin raporlarının anında kaydedilebilmesi, insan gözü ile algılamayacak kadar küçük nesnelerin özel mercekler kullanılarak algılanabilmesi, insan gözünün göremeyeceği dalga boylarındaki özelliklerin, özel kameralar kullanılarak incelenebilmesi gibi bir çok avantajı vardır. Son yıllardaki sayısal kamera ve görüntü işleme sistemlerinin maliyetlerinin oldukça düşmüş olması da, otomatik görüntü inceleme sistemlerinin, insanın yerini almasına yardımcı olmaktadır.

1.1.1.2. Askeri Uygulamalar

Askeri sistemlerde kameraların en çok kullanıldığı alanlardan birisi gece görüş sistemleridir. Halen birçok gece görüş sistemi analog kameralar kullanmaktadır. Ancak sayısal kameraların getirdiği, sayısal görüntü tanıma, gürültü azaltma ve görüntü işleme algoritmalarının kullanılmasının getireceği avantajlar, sayısal kameraların da bu alanda kullanılmaya başlamasına sebep olmuştur.

Uçak, helikopter ve tanklarda da, atış sistemlerinde, atışların isabet yüzdesinin artırılması için kameralardan yararlanılmaktadır. Kameralar, güdümlü atış sistemlerinde, hedefin tayfin görünür bölgesinde veya kızılötesi bölgesindeki görüntüsünü algılayarak daha isabetli atışlar yapmaya olanak sağlarlar.

1.1.1.3. Bilimsel Uygulamalar

Sayısal kamera teknolojisi, bilimsel birçok araştırmada kullanılmaktadır. Astronomide yıldızların ve gezegenlerin incelenmesi için teleskoplara monte edilmiş sayısal kameralarla tayfin değişik bölgelerinde görüntüler alınabilmekte ve işlenebilmektedir.

Saniyede yüzlerce çerçeve görüntü alabilen özel sayısal kameralar, bilimsel araştırmalarda, çok hızlı gerçekleşen fiziksel olayların görsel olarak için kullanılmaktadır.

1.1.2. Sayısal Kameraların Genel Özellikleri

Sayısal kameraların kullanılacağı alana göre özellikleri de farklılıklar göstermektedir. Örneğin çoğu endüstriyel ve askeri makine-görüşü sisteminde siyah-beyaz kameralar kullanılması yeterli olduğu halde, fotoğraf ve film çekme amaçlı olarak kullanılan ticari sayısal kameralar renklidir. Benzer şekilde, bazı bilimsel ve askeri uygulamalarda yüksek hızla hareket eden nesnelerin incelenmesi için saniyede yüzlerce

kare görüntü alabilen kameralar kullanılırken, birkaç saniyede bir görüntü alması yeterli olan sayısal kameraların kullanıldığı uygulamalar da vardır.

1.1.2.1.Çözünürlük

Çoğu analog kameranin çözünürlüğü, bu kameraların PAL, NTSC gibi televizyon standartlarına tarihi bağlarından dolayı genellikle bu standartların çözünürlükleri ile sınırlıdır. Bu uyumluluk, bir taraftan makine ile görme sistemi tasarımcılarına, çok büyük bir cihaz çeşitliliği getirirken ve televizyon endüstrisi ile bağlantılardan dolayı ekonomik avantajlar sağlarken, diğer taraftan, 768 x 576 veya 720 x 485 çözünürlük ve 13MHz band genişliği ile sınırlama getirmektedir.

Yüksek uzay çözünürlüğü, görüntülerde detayların daha iyi bir şekilde algılanabilmesi sağlar. Resim 1.1'de sırayla, sayısal bir görüntü ve bu görüntünün dörtte bir çözünürlüğe ve sekizde bir çözünürlüğe indirilmiş halleri bulunmaktadır.



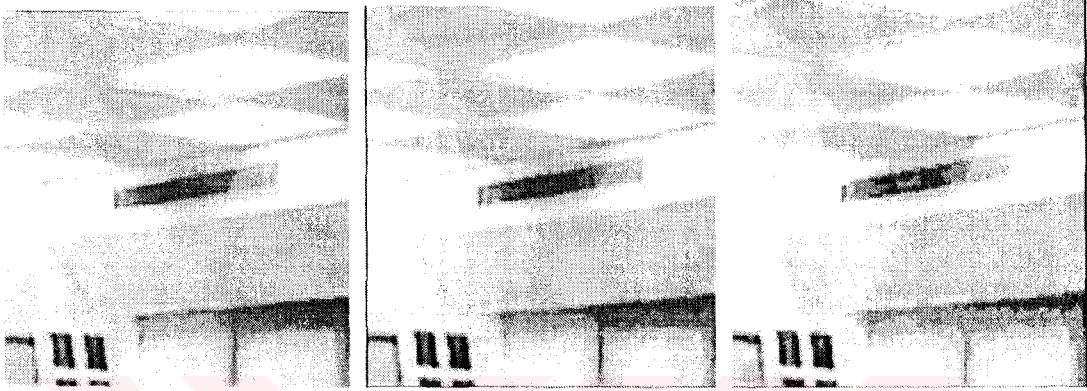
Resim 1.1. Uzay Çözünürlüğün görüntü kalitesi üzerindeki etkileri.

Sayısal kameralar televizyon standartlarıyla sınırlı olmadığı için, sayısal kameraların çözünürlükleri, teknolojinin sınırlarını yakından takip edebilmektedir.

1.1.2.2.Derinlik

Bir sayısal kameranin uzay çözünürlüğünün artırılması, görüntüdeki ince detayların alınabilmesini sağlayabilir ancak uzay çözünürlüğünün artması, incelenen nesne üzerindeki parlaklık değişimi çok azsa, yüksek kaliteli görüntüler almak için

yeterli olmayacaktır. Algılanan görüntünün sayısallaştırılması sırasında kullanılan analog-sayısal dönüştürücünün çözünürlüğü ne kadar yüksekse, görüntünün parlaklık değişimi o kadar iyi ayırt edilebilir. Resim 1.2.'de sırayla aynı görüntünün 8, 4 ve 3 bit derinlikteki halleri görülmektedir.



Resim 1.2. Bit sayısının görüntü kalitesi üzerindeki etkileri.

1.1.2.3.Çerçeve Hızı.

Bir kameranın bir saniyede aldığı çerçeve sayısına çerçeve hızı adı verilir. Televizyon standartlarındaki kameralar saniyede 25-30 tam çerçeve veya 50-60 yarı çerçeve görüntü almaktadırlar. Bu çerçeve hızları ile alınan görüntüler arka arkaya gösterildikleri zaman insan gözü ile akıcı bir görüntü gibi algılanır. Daha düşük çerçeve hızlarıyla alınan görüntüler ise insan gözü ile kesintili olarak algılanır. Bu hızlardan daha yüksek çerçeve hızı ile görüntü alınması, yüksek hızla hareket eden nesnelerin görüntülenmesi söz konusu olduğunda gerekli olmaktadır. Örneğin otomobillerin güvenlik incelemeleri sırasında yapılan çarpışma testlerinde, yüksek çerçeve hızına sahip sayısal kameralar ile görüntüler alınıp, daha sonra yavaşlatılmış olarak izlenmektedir.

1.2. Akıllı Kameralar

Yakın zamana kadar otomatik görüntü inceleme sistemlerinde kullanılan sayısal kameraların algıladıkları görüntüler, çoğunlukla bir kişisel bilgisayara aktarılıp, bu bilgisayar üzerinde çalışan görüntü işleme ve analiz yazılımları ile değerlendiriliyordu.

Gömülü sistemlerdeki hız ve kapasite artışı, kişisel bilgisayarlara gerek kalmadan, kameraların kendi üzerindeki devrelerle veya özel olarak tasarlanmış gömülü görüntü işleme modülleri ile akıllı kameralar yapabilmeyi mümkün kılmıştır.

Akıllı kamera, kısaca, sadece görüntü algılayıp transfer etmek veya kaydetmekle kalmayıp, algıladığı görüntü üzerinde bazı analizler yapıp, kullanıldığı sisteme bir geribesleme veya sonuçlar verebilen kameradır. Çoğu akıllı kamerada, görüntü bilgisi dışarıya hiç verilmez veya sadece geliştiricilere yardımcı olması için verilir. Asıl kullanılan bilgi kameraların üzerinde çalışan analiz sisteminin çıktısıdır. Örneğin, otomatik konumlandırma sistemlerinde, birbirine robotlarla kenetlenen iki parçaya bakan ve bu parçaların doğru olarak monte edilemesi için robotik sisteme, sadece yukarı git, aşağı git, sağa git, sola git şeklinde görüntü üzerinden geribesleme veren akıllı kameralar mevcuttur.

Akıllı kameraların üzerinde, yapılacak işleme göre kapasitesi ve hızı seçilmiş bir mikroişlemci bulunur. Bu mikroişlemci, genel amaçlı olarak kullanılan standart bir mikroişlemci olabileceği gibi, sırt akıllı kamera için özel olarak üretilmiş uygulamaya özel bir tümdevre de olabilir. Günümüzde akıllı kameralarda yaygın olarak FPGA (field programmable gate array – çalışma sırasında programlanabilen kapı dizisi) teknolojisi de kullanılmaktadır. Özellikle, eşzamanlı yapılması gereken işlemlerin kolayca yapılabilmesi, tekrar tekrar konfigüre edilebilir olmaları, FPGA 'leri sayısal görüntüleme sistemlerinde sıkça kullanılır hale getirmiştir.

Otomatik görüntü inceleme sistemlerinde kişisel bilgisayarlar yerine özelleşmiş akıllı kameraların kullanılmasının getirdiği avantajlar şunlardır:

Maliyet : Kişisel bilgisayarların yaygın olarak üretiliyor ve kullanılıyor olmaları her geçen gün fiyatlarını düşürüyor olsa da, ortalama bir kişisel bilgisayar bir otomatik görüntü inceleme sisteminde hiçbir zaman kullanılmayacak birçok özelliği barındırdığından, aynı işi yapacak bir akıllı kameraya göre daha maliyetli olabilmektedir. Kişisel bilgisayar tabanlı bir otomatik inceleme sistemi, bir kişisel bilgisayar, bir kamera ve görüntü yakalama arayüzünden oluşur. Akıllı kameralarda ise, sadece, görüntü algılayıcı, görüntü analizi yapan tümdevreler ve isteğe bağlı olarak harici bağlantı noktaları bulunur.

Gerçek Zamanlı İşlem Yapabilme : Kişisel bilgisayarların üzerinde yaygın olarak kullanılan işletim sistemleri gerçek zamanlı işletim sistemleri değildir. Bu işletim sistemleri, işlemcinin zamanını, aynı anda çalışmakta olan programlara ve işletim sisteminin kendi alt işlemlere paylaştırır. Bu paylaştırma hiçbir zaman eşit olmaz.

Daha Küçük Boyutlar ve Çevre Şartlarına Dayanıklılık : Özellikle açık havada ve fabrika ortamında çalışacak otomatik görüntü izleme sistemlerinin çevre şartlarına karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Akıllı kameralar, kişisel bilgisayarlara göre daha kolay ve güvenli bir şekilde, çevre şartlarına dayanıklı hale getirilebilmekte de, kişisel bilgisayarların sığamayacağı yerlerde de rahatlıkla kullanılabilir.



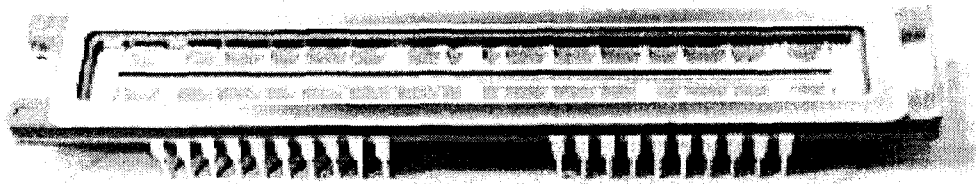
2. SAYISAL KAMERALARIN YAPISI

2.1. Görüntü Algılayıcılar

Bir sayısal kameranın en önemli parçası, görüntü algılayıcısıdır. Görüntü algılayıcılar, doğrusal olarak veya iki boyutlu olarak dizilmiş, ışığa duyarlı elemanlardan oluşan yongalardır. Bu ışığa duyarlı elemanların her birine piksel denilir.

2.1.1. Piksellerinin Dizilişine Göre Görüntü Algılayıcılar

Işığa duyarlı elemanları, yani pikselleri, doğrusal olarak dizilmiş görüntü algılayıcılara, doğrusal görüntü algılayıcılar denir. Kişisel bilgisayarlara bağlanan masaüstü evrak tarayıcılarda, fotokopi makinelerinde ve barkod okuyucularda bu tür bir görüntü algılayıcı bulunur. Siyah-beyaz doğrusal görüntü algılayıcılar tek bir sıra üzerine dizilmiş piksellerden oluşur. Renkli doğrusal görüntü algılayıcılar ise her biri, kırmızı, yeşil ve mavi renge duyarlı piksellerden oluşan üç sıraya sahiptir.



Resim 2.1. Kodak (ABD) KLI-0203 , 3-renk doğrusal CCD görüntü algılayıcı.

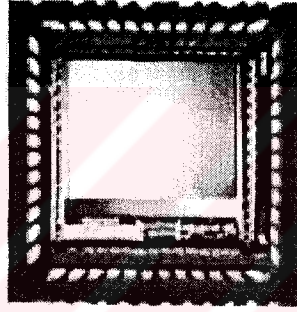
Doğrusal görüntü algılayıcılarla, iki boyutlu bir görüntü elde etmek için, ya görüntülenmek istenen nesne sabit tutularak, algılayıcı bir doğru boyunca hareket ettirilir veya algılayıcı sabit tutularak nesne doğrusal olarak hareket ettirilir. Bu

hareket sırasında, algılayıcı sürekli satır satır görüntü alır ve bu satırlar birleştirildiğinde iki boyutlu bir görüntü elde edilmiş olur.



Doğrusal görüntü algılayıcılarla yapılan kameralar, yüksek çözünürlüklü yer ve doküman taraması için kullanılmaktadır.

İki boyutlu görüntü algılayıcılarda, pikseller, yonganın üzerine satırlar ve sütunlar şeklinde yerleştirilmiştir ve doğrusal algılayıcıların aksine, görüntülenmek istenen nesne veya algılayıcı hareket ettirilmeden iki boyutlu görüntü almak mümkün olmaktadır.



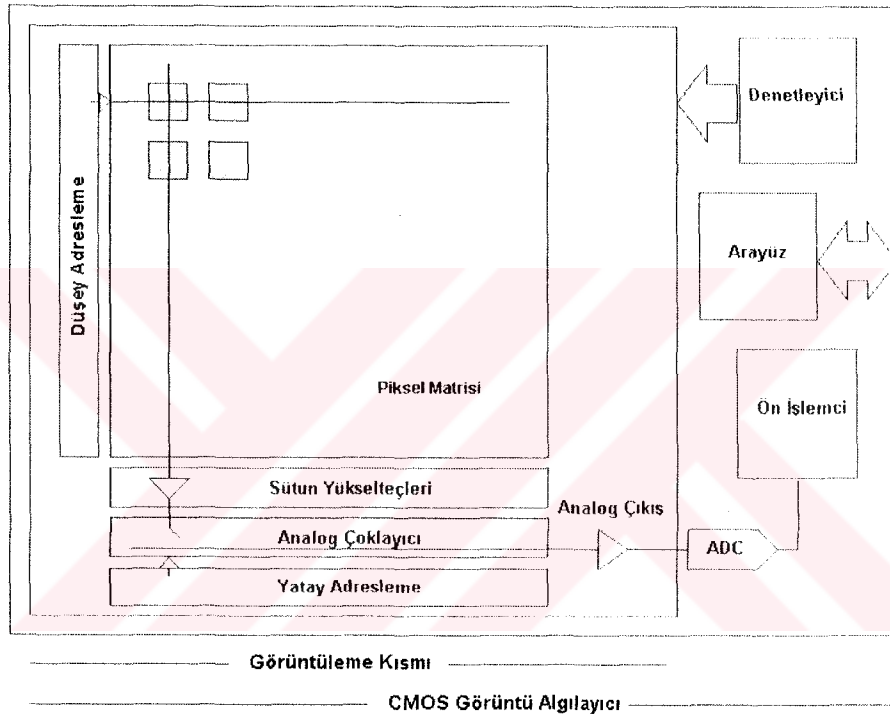
Resim 2.2. İki boyutlu bir görüntü algılayıcı.

2.1.2. Piksellerinin Yapısına Göre Görüntü Algılayıcılar

Görüntü algılayıcı yongalar, yapılarına göre iki ana dala ayrılmaktadır. Bunlar CCD (İngilizce .Charge Coupled Device sözcüklerinin kısaltması) veya CMOS görüntü algılayıcılarıdır. CCD görüntü algılayıcılar yakın zamana kadar en yaygın olarak kullanılan görüntü algılayıcı tipidir. [Vogelsong and Zarnowski,2002]

2.1.2.1. CMOS Görüntü Algılayıcılar

CMOS görüntü algılayıcılar, standart CMOS hattında, önemli değişiklikler yapmadan üretilebilir. CCD'lere benzer şekilde, alınan fotonlar, elektrik yüküne çevrilir ve fotodedektörler tarafından, poz süresi boyunca bu yük toplanır. Şekil 2.3.'te bir CMOS görüntü algılayıcının içindeki birimler gösterilmiştir.



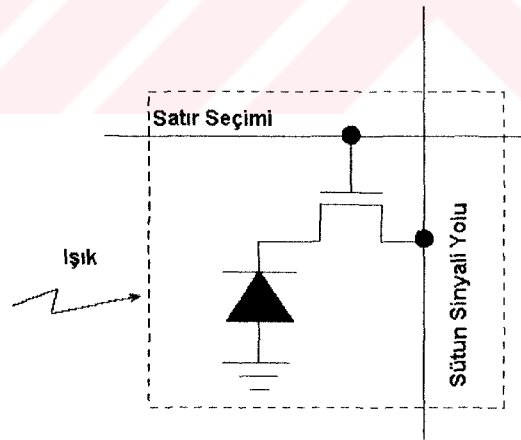
Şekil 2.1. Bir CMOS görüntü algılayıcının blok şeması.

CCD'lerin aksine piksel dizisinde biriken yük veya gerilim satır kod çözücüleri sütun yükselteçleri ve sütun çoklayıcıları tarafından okunur. Bu okuma şekli, tipik bir bellek entegre devresi yapısına benzer.

CMOS görüntü algılayıcılarda ışığın algılanmasında foto-diyotlar kullanılmaktadır. Algılayıcının yüzeyindeki etkin ışığa duyarlı alanın toplam alana oranına doluluk oranı denir. Çoğu CMOS görüntü algılayıcıda, düşük olan doluluk oranını arttırmak için her pikselin üzerinde bir mikrolens bulunur. [Dierickx,2000]

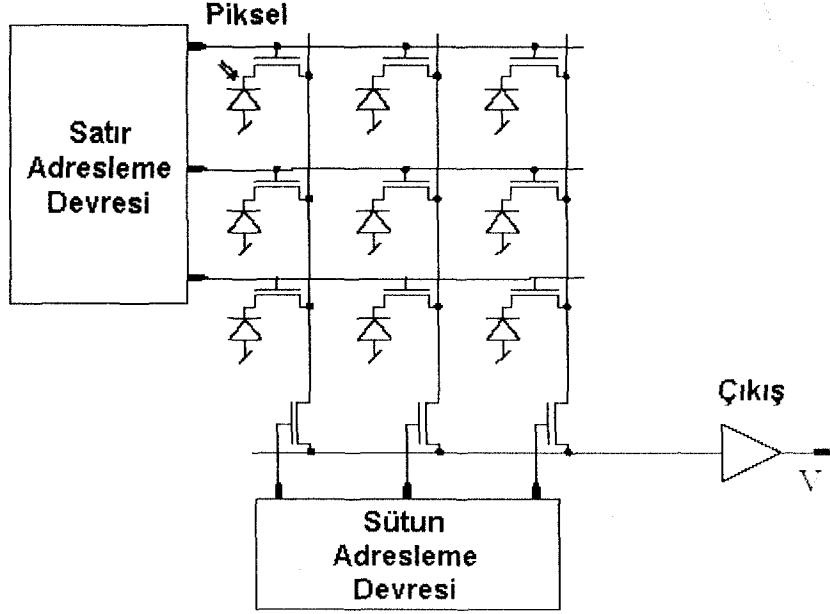
CMOS görüntü algılayıcılarda üç ana piksel mimarisi mevcuttur. Bu mimariler PPA (Pasif Piksel Algılayıcı), APA (Atif Piksel Algılayıcı) ve SPA (Sayısal Piksel Algılayıcı) olarak adlandırılır.

PPA mimarisi en temel ve en basit CMOS piksel mimarisidir. PPA mimarisinde her piksel için sadece bir transistör bulunur. Her pikselde toplanan elektrik yükü, piksel dizisinin dışında bulunan sütun yükü yükselteci tarafından yükseltilerek okunur. PPA mimarisi, sadece bir transistör içerdiği için düşük piksel boyutlarına izin verir, aynı zamanda, görüntü algılama alanı dışında sadece bu transistörün yer kaplamasından dolayı, yüksek doluluk oranına sahiptir. Piksellerin basit olarak adreslenebilmesi PPA mimarisinin bir avantajıdır. Ancak, PPA mimarisi düşük okuma hızına ve düşük sinyal-gürültü oranına sahiptir. PPA, çok düşük besleme gerilimi oynamaları bastırma oranına sahiptir. Yani besleme gerilimindeki oynamalar, çıkış işaretine oldukça yüksek bir şekilde yansır. Ayrıca PPA mimarisinde, çıkış geriliminin salınımı çok düşüktür.



Şekil 2.2. Pasif piksel tipli CMOS görüntü algılayıcının piksel yapısı.

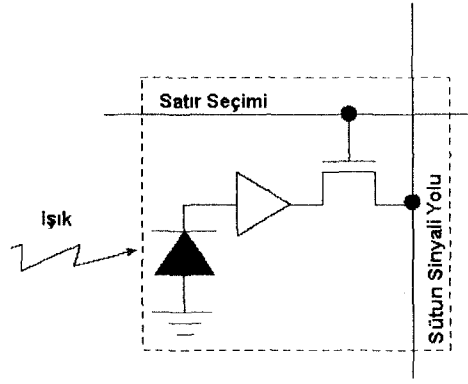
En basit PPA mimarisine sahip CMOS görüntü algılayıcısında temel olarak sadece her piksel için bir foto-diyot, bir satırdaki pikselleri adresleyen yatay adresleme devresi ve sütunlardaki pikselleri adresleyen diğey adresleme devresi ve bir çıkış yükselteci bulunur.



Şekil 2.3. Pasif piksel tipli bir CMOS algılayıcının genel yapısı.

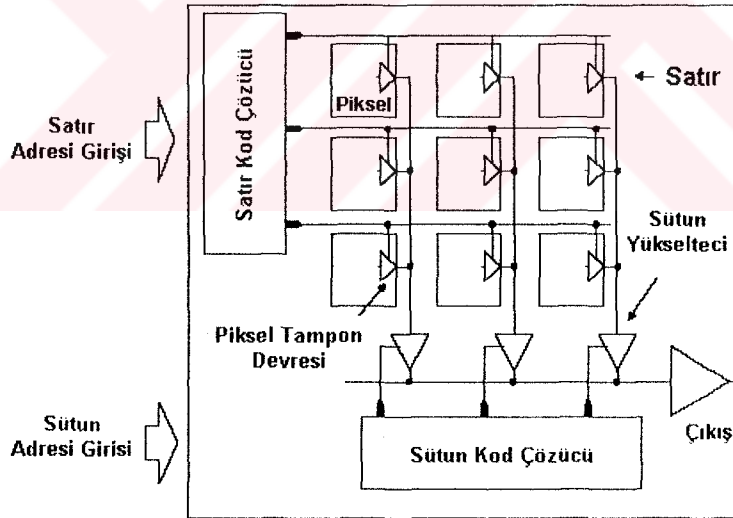
Yatay ve düşey adresleme devreleri, aktif görüntü satırını seçmek için kullanılır. Aynı anda sadece bir satır ve bir sütun aktif hale gelir. Standart bir algılayıcıda, tüm satırlar tek tek seçilir. Her yeni satır için, tüm sütunlar sıra ile tek tek seçilerek çıkış yükseltecinin ardından örneklenir.

APA mimarisi, PPA mimarisinin düşük okuma hızı ve düşük sinyal-gürültü oranı problemlerine çözüm olarak, her piksel için birer tampon devresi kullanır. Tampon devreleri, piksel sinyalleri için ilk yükseltme işlemini gerçekleştirir. Bu tampon devrelerinin her biri, üç veya dört transistör kullanarak gerçekleştirilir. Bu fazladan transistörler sebebiyle, APA mimarisinde piksel boyutları, PPA mimarisinin piksel boyutlarına göre daha büyüktür. Bu küçük boyutlarda yüksek çözünürlüklü görüntü algılayıcılar üretmeyi zorlaştırır. APA mimarisi aynı zamanda tampon devresi için eklenen transistörler sebebiyle, doluluk oranı açısından da PPA mimarisine göre daha düşük performansa sahiptir.



Şekil 2.4. Aktif piksel tipli bir CMOS piksel yapısı.

APA mimarisinin avantajı, PPA mimarisine göre daha hızlı çalışabilmesi ve daha iyi sinyal-gürültü oranına sahip olmasıdır. Yüksek ortam sıcaklığı ve düşük aydınlanma seviyesi koşulları haricinde, CMOS APA mimarisi günümüzde CCD eşdeğerlerine yakın veya daha iyi çözünürlük ve algılama hassasiyeti verebilmektedir. [Xiangliang and Yulin]



Şekil 2.5. Aktif piksel tipli bir CMOS algılayıcının genel yapısı.

SPA mimarisinde her piksel bir analog-sayısal dönüştürücüye sahiptir ve tüm analog-sayısal dönüştürücüler paralel olarak çalışır. Her piksel için bir analog-sayısal dönüştürücü kullanılması ve bu analog-sayısal dönüştürücülerin paralel çalışması, çok yüksek hızlarda sayısal veri okunmasını mümkün kılar. Çünkü diğer mimarilerde, piksel dizisinde her pikselde toplanan yükler, kod çözücüler ve analog

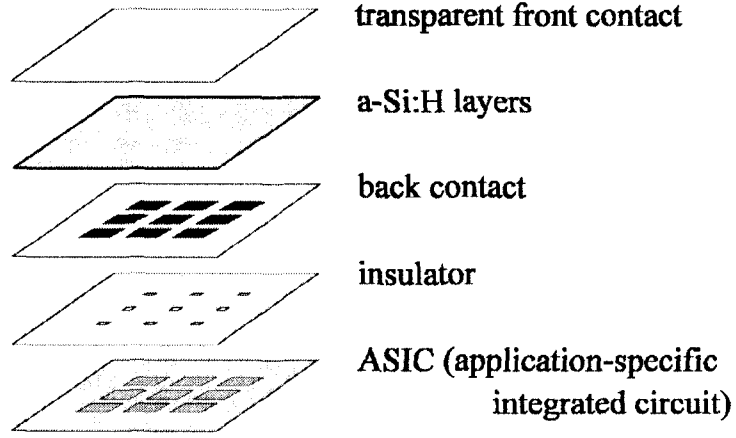
çoklayıcılar ile tek tek bir analog-sayısal dönüştürücüye aktararak okunmak zorundadır ve bu aktarım, önemli bir zaman kaybına sebep olmaktadır. SPA mimarisinin en önemli dezavantajı her piksel için eklenen çok fazla sayıdaki transistörün, piksel boyutlarını çok büyümesi ve ışığa duyarlı kısmın oranını azaltmasıdır. Ancak bu dezavantaj CMOS işleme teknolojisi 0.18 μ m ve 90nm altına indikçe daha az sorun teşkil edecektir. Çünkü ışığa duyarlı kısımlar dışındaki devreler daha küçük alanlarda üretilebilecektir.

SPA mimarisinde analog-sayısal dönüştürücü, ışıkla orantılı olarak elde edilen gerilimi ve bir testere dalga sinyalinin karşılaştıran farksal karşılaştırıcıdan oluşturulabilir. Bu diğer tiplerdeki analog-sayısal dönüştürücülere göre daha basit bir yapı olduğu için tercih edilebilir.

2.1.2.2. Uygulamaya Özel Tümdevre Üzerinde İnce Film Kaplama

TFA (Thin Film On ASIC) teknolojisi, bir ASIC üzerinde amorf silikon (a-Si:H) tabanlı ince film algılayıcı gerçekleştirmeye imkan verir. Bu sayede görüntü algılayıcının ışık algılama kısmı ile, görüntü işleme ve denetim kısımları birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilebilir. Işık algılayıcı kısım ile görüntü işleme ve denetim kısımlarının birbirinden ayrılması, yüzde yüze varan doluluk oranlarına sahip görüntü algılayıcıları üretilmesine olanak sağlayacaktır. [Böhm, 2000]

TFA teknolojisinin diğer bir avantajı da, daha küçük pikseller yapılabilmesine, dolayısıyla daha yüksek piksel sayısına sahip görüntü algılayıcılar üretilmesine imkan sağlamasıdır.



Şekil 2.6. Silikon tümdevre üzerinde ince film algılayıcı tabaka yapısı.

Genel olarak CMOS görüntü algılayıcılarda, devrelerin yapılması için , sığ depletion bölgeleri ve derin atom-altı işlemler için yüksek katkı ekilmesi, algılayıcının ışığa duyarlılığında çok fazla miktarda kayıplara yol açmaktadır. Ancak TFA teknolojisinde ışık algılayan katman, silikon tümdevreden bağımsız olarak üretildiği için bu teknoloji ile üretilen görüntü algılayıcılar, bu etkenlerden etkilenmemektedir. Yüzde yüze varan doluluk oranlarına sahip olduğu için ve CMOS üretim işlemlerinin getirdiği dezavantajlara sahip olmadığı için TFA teknolojisi ile üretilmiş bir görüntü algılayıcı çok yüksek ışık duyarlılığına sahiptir.

2.2. Sayısal Kameraların Görüntü Aktarım Metodları

2.2.1. Evrensel Seri Veriyolu (USB)

USB (Universal Serial Bus, Evrensel Veriyolu) kişisel bilgisayarlara çevre birimlerinin kolayca bağlanmasını sağlamak için geliştirilmiş bir standarttır. İlk olarak 15 Ocak 1996'da yedi büyük bilgisayar, haberleşme ve yazılım firmasının ortak çalışması ile USB sürüm 1.0 yayınlanmıştır. Bu firmalar Compaq, Digital Equipment Corporation, IBM PC Company, Intel, Microsoft, NEC ve Northern Telecom 'dur. Daha sonraları birçok başka firma da USB'nin geliştirilmesine katkıda bulunmaya başlamıştır.

USB, PC çevre birimleri için ilk kez özel donanımsal ayarlar yapmadan, gerçek Tak-Çalıştır özelliği sağlayan standarttır. Bu veriyolu ile bir kişisel bilgisayara aynı anda 127 adede kadar çevre birimi bağlanabilir.

Yayınlanan ilk USB sürümü olan sürüm 1.0, 1.5Mbit/s 'lik seri bir veriyolunu tanımlar. Sonradan yayınlanan 1.1 sürümü ile bu hız 12Mbit/s' e, daha sonra 2.0 sürümü ile 480Mbit/s' e çıkarılmıştır.

USB, çevre birimlere sınırlı bir güç de sağlar. Kişisel bilgisayar, USB sunucu olarak Vbus olarak adlandırılan 4.75V ile 5.25V arasında bir gerilimi olan bir güç kaynağı görevi de yapar. Veriyolundan beslenen bir cihaz, 500mA 'e kadar bir akım çekebilir.

USB'nin bir avantajı da, çevre birimlerinin kişisel bilgisayara, çalışırken de bağlanıp sökülebilmesidir. Çevre birim bağlanınca, kişisel bilgisayar bunu algılar ve gerekli yazılımlar daha önceden yüklenmişse, çevre birimi çalışır hale getirir.

Sayısal kameraların çevre birimi olarak kişisel bilgisayarlara bağlanmasında, USB 1.1 ve USB 2.0 kullanılabilmektedir. Ancak USB1.1 , 12Mbit/s hızıyla yüksek

çözünürlüklü görüntülerin, yüksek tazeleme oranları ile aktarılması için yeterli değildir. USB 2.0' ın 480Mbit/s'lik hızı, 1280x1024 çözünürlükte 15-20 çerçeve/sn hızda görüntü aktarımına izin verebilmektedir.

2.2.2. Ethernet

Ethernet, ilk olarak Xerox firması tarafından 1970'te geliştirilmiş, en yaygın olarak kullanılan yerel ağdaki elektriksel işaretleşme ve kablolama gibi fiziksel özellikleri belirleyen bir standardıdır. Ethernet eşeksenel veya burulu çift kablo kullanır. Ancak ethernet sadece iletken kablolarla haberleşmeyi tanımlamaz. 802.11 adı verilen bir dalı, kablosuz ağ standardıdır. Ayrıca fiber optik üzerinden haberleşme de kullanılmaktadır.

Günümüzde en yaygın olarak 10 Mbit/s, 100 Mbit/s hızları kullanılmaktadır. Yakın zamanda gigabit ethernet adı verilen çok daha yüksek hızlı haberleşmeye olanak veren bir versiyonu da kullanılmaya başlamıştır.

100Mbit ve Gigabit ethernet ağ bağdaştırıcıları ile çalışan sayısal kameralar özellikle güvenlik kamerası olarak kullanıldıklarında, varolan analog kameralı sistemlere göre birçok avantaja sahiptirler. Bu avantajlardan bazıları şunlardır:

1. Varolan yerel ağ kabloları dışında yeni kablolamaya ihtiyaç duyulmaz. Ağ kablosunun geçtiği her yere, ağa yeni bir bilgisayar bağlar gibi kolayca bağlanabilirler.
2. Analog kameraların görüntülerinin uzun kablolarla aktarıldığında görüntü işareti üzerine gürültü binmesi gibi problemleri yoktur.
3. Analog kameralı güvenlik sistemlerinde, görüntüler doğrudan magnetik bantlara veya görüntü sayısallaştırıcı kartlarla sabit disklere kaydedilmektedir. Ethernet ile haberleşen kameralarda ise görüntüler kameralardan zaten sayısal olarak alındığı için, sayısal kayıt sistemlerine entegrasyonu çok kolaydır.

4. Ethernet ile haberleşen kameralar, sayısal teknoloji kullandıkları için, sadece görüntüde hareket algılanırsa görüntülerin aktarılması, CMOS tabanlı kameralarda görüntünün sadece istenilen bir bölümünün dahi yüksek çerçeve hızları ile alınması, otomatik parlaklık ayarı gibi bazı işlemler kamera üzerinde, yapılabilir. Ayrıca, kameralardan görüntüleri toplayan bilgisayarla, kameralar arasında haberleşme çift yönlü olduğundan, kameraların üzerindeki motorize objektif ayarları, ayrıca haberleşme kabloları yapılmadan uzaktan denetlenebilir.
5. Ethernet üzerinden besleme aktarımına olanak sağlayan altyapının olduğu yerlerde, Ethernet kameraların bağlantısı, tek bir fişin takılması ile kolayca yapılabilir.

2.2.3. FireWire

FireWire, IEEE-1394 olarak da bilinmektedir. IEEE-1394 ile 400Mb/s hızında veri aktarımı mümkündür. Yeni geliştirilen IEEE-1394b standardı ile 1.2Gb/s mümkün olacaktır. FireWire, Apple Computer firması tarafından geliştirilmiştir ve endüstri standardı haline gelmiştir. Kişisel bilgisayarlarla görüntü kaynakları arasında yüksek hızlı, düşük maliyetli güvenilir veri aktarımı sağlar. [Anderson,2000]

FireWire ile ayrıca bir donanım gerektirmeden, bir ağa 63'e kadar cihaz bağlanabilir. Görüntü 6 telli bir kablo üzerinden aktarılır. Tak-Çalıştır özelliğini ve cihazların beslemeleri kesilmeden takılıp çıkarılabilme özelliklerini destekler. [1394 Trade Association]

FireWire'in benzer standartlara göre avantajı, ağdaki her cihazın bir yönetici olmadan da çalışabilmesidir. Böylece bir kamera, sayısal kayıt cihazına bilgisayara gerek olmadan bağlanabilir.



2.2.4. Camera Link

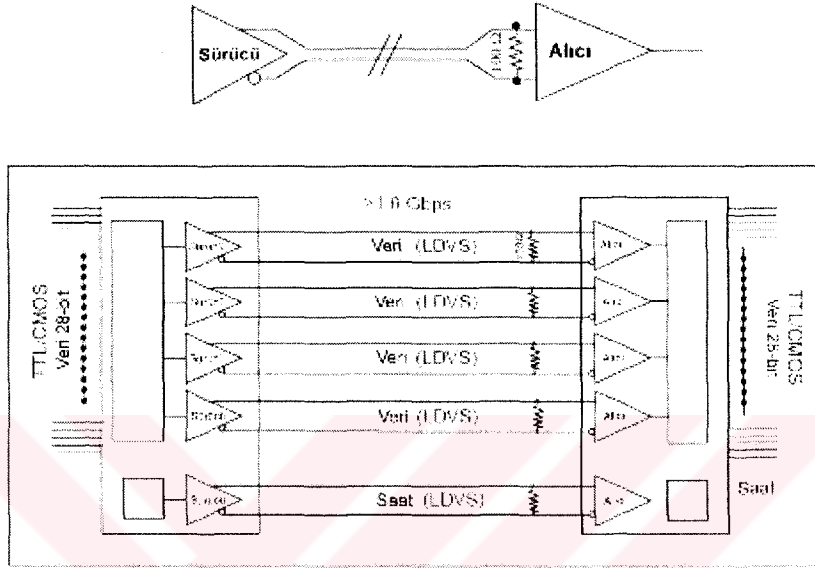
Camera Link dünyanın önde gelen kamera ve görüntü yakalama donanımı üreticilerinin bir araya gelerek oluşturdukları bir standarttır. Camera Link adının marka tescili oluşturulan komitenin başkanı olan PULNiX America, Inc.(ABD) firması adına yapılmıştır. PULNiX, rakipler de dahil olmak üzere tüm firmalara, Camera Link standardı ile tamamen uyumlu ürünlerinde kullanmak üzere telif ücreti olmaksızın lisans ve Camera Link tescilli markasını kullanma hakkı vermek durumundadır.[Hospod,2002]

Camera Link standardı sayısal kameralar ve görüntü yakalama kartları arasında bir arayüz tanımlar. Bu arayüz veri aktarımı için yüksek bant genişliği olan bir veriyolu ve iki yönlü seri haberleşme ve görüntü yakalama kartı için zamanlama bilgisi aktarımı sağlar. Ayrıca kameranın gerçek zamanlı tetiklenmesi ve eşzamanlı çalışması için denetim hatları içerir. Camera Link arayüzü, 3M (ABD) firması tarafından üretilen MDR-26 konnektör kullanır ve aynı zamanda Camera Link cihazlarında kullanılan standart bir kablo da tanımlanmıştır. [Camera Link Spec.]

Camera Link, Temel (Base), Orta (Medium) ve Tam (Full) olarak adlandırılmış üç seviyede gerçekleştirilir. En yaygın kullanılan Temel konfigürasyon, kamera ve görüntü yakalama kartı arasında tek bir bağlantı sağlar. Temel konfigürasyon, 66MHz'lik piksel hızında çalışan 24 bitlik bir kameranın görüntü bilgisinin taşınması için yeterli olan 1.5 Gbit/s (198 Mbyte/s) veri aktarım hızı sağlar.

Temel konfigürasyon, gerçek zamanlı zamanlama , kontrol işaretlerini içerir. Bu konfigürasyonun çekirdeğini National Semiconductor firmasının Channel Link adı verilen entegre devreleri oluşturur. Channel Link, tek entegre devre içinde kayıpsız donanımsal sıkıştırma sağlar. Channel Link teknolojisi aslında, düşük gerilimli farksal işaret iletiminin (LVDS, Low Voltage Differential Signalling) yeni nesil sayısal düz ekranlarda görüntü aktarımı için için geliştirilmiştir. Daha sonra, bu teknolojinin kullanımı genel amaçlı veri transferi metodu haline gelmesiyle genişlemiştir. Channel Link, bir alıcı ve verici entegre devre çiftinden oluşur. Paralel

olaran verici entegre devreye gelen veri, 7:1 oranında serileştirilerek, yani 7 paralel veri biti, bir kanal üzerinden art arda iletilir. 28 bite kadar TTL seviyede veri ve zamanlama işareti, bir saat ve dört veri çifti olmak üzere beş farksal işaret çiftine sıkıştırılır. Farksal RS-644 çıkışı, 10 metre mesafeye kadar yüksek gürültü bağıışıklığı ve işaret bütünlüğü sağlar. Şekil 2.9'da LVDS işaretleşmesinin bağlantı şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Camera Link'te kullanılan LVDS işaretleşmenin yapısı.

Tablo 2.1. National Semiconductor, LVDS alıcı ve verici tümdevreleri.

Yonga	Besleme Gerilimi	Hız
DS90CR281	5 V	40 MHz
DS90CR282	5 V	40 MHz
DS90CR283	5 V	66 MHz
DS90CR284	5 V	66 MHz
DS90CR285	3.3 V	66 MHz
DS90CR286	3.3 V	66 MHz
DS90CR286A	3.3 V	66 MHz
DS90CR287	3.3 V	85 MHz
DS90CR288	3.3 V	75 MHz
DS90CR288A	3.3 V	85 MHz

Camera Link standardı, 24 bit veri , 4 bit de kamera zamanlama işareti kullanır. Bu dört zamanlama işareti, Çerçeve Verisi Geçerli işareti (Frame Data Valid, FDV) , Satır Verisi Geçerli işareti (Line Data Valid, LDV) , Piksel Verisi Geçerli işareti (Data Valid , DVAL) ve yedek olarak ayrılmış boş bir işarettir. FDV ve LDV işaretleri bir çerçevenin veya yatay bir görüntü satırının başlangıcını belirtirler.

Channel Link entegre devre seti, en az 20 MHz saat frekansına ihtiyaç duyar. 20MHz'den daha yavaş kameralar, görüntü verisine boş veriler eklenerek daha yüksek saat hızlarında çalıştırılır. Veri Geçerli işareti, asıl veriyi boş veriden ayırt eder. Normalde kullanılmayan boş işaret hattı, strobe tetikleme çıkışı veya ileride gerekebilecek başka bir işaret için kullanılabilir. 28 bit video ve zamanlama verisi, verici devre tarafından kodlanır ve farksal işaret olarak iletilir. Son olarak, Channel Link alıcı devresinde veri tekrar asıl haline döndürülür.

Temel konfigürasyon, iki yönlü bir seri haberleşme portu içerir. Haberleşme RS-232 ile benzer yapıdadır ancak aynı kablo üzerindeki diğer işaretlerle elektromagnetik girişim uyumluluğu sağlamak için RS-644 seviyeleri kullanılır. Seri haberleşme portu, görüntü yakalama kartı üzerinde Camera Link'in bir parçası olduğu için, görüntü yakalama kartı üreticileri, bu porta kullanıcı erişimi sağlamak zorundadır.

Görüntü yakalama kartı üreticileri iki tip erişim sağlarlar. Bazı üreticiler, bilgisayarın standart RS-232 portu ile görüntü yakalama kartı arasına takılan bir kablo ile seri port erişimi sağlar. Bilgisayarın RS-232 haberleşmesi, görüntü yakalama kartı üzerinde doğrudan RS-644 seviyesine çevrilir ve başka bir işlem görmeden kameraya giden kablo üzerinden kameraya gider. Kamera denetim yazılımı, kamera ile haberleşmesini bilgisayarın RS-232 portundan gerçekleştirir. Bu yaklaşım en basit ve kolay yöntemdir ancak bilgisayar üzerinde fazladan bir kablo gerektirir.

Bazı üreticiler, fazladan bir kabloyu kullanışsız buldukları için ve maliyeti azaltmak için, standart seri porta takılacak fazladan bir kablo gerektiren bu çözüm

yerine, kullanıcıya, yazılım geliştirmesi ve seri porta erişmesi için bir dinamik bağlantılı kütüphane (Dynamic Link Library, DLL) sağlar. Camera Link standardı, DLL dosyası ile seri port üzerinden kamera ile haberleşmek için dört adet komut tanımlar. Bu komutlar seri portu a, seri portu kapat, seri porttan veri oku ve seri porta veri yaz komutlarıdır. Bu yaklaşım fazladan bir seri port kablosuna ihtiyaı kaldırdığı için daha basit ve kullanışlıdır ancak yazılım tasarımcılarının DLL dosyasına erişmelerini gerekli kılar.

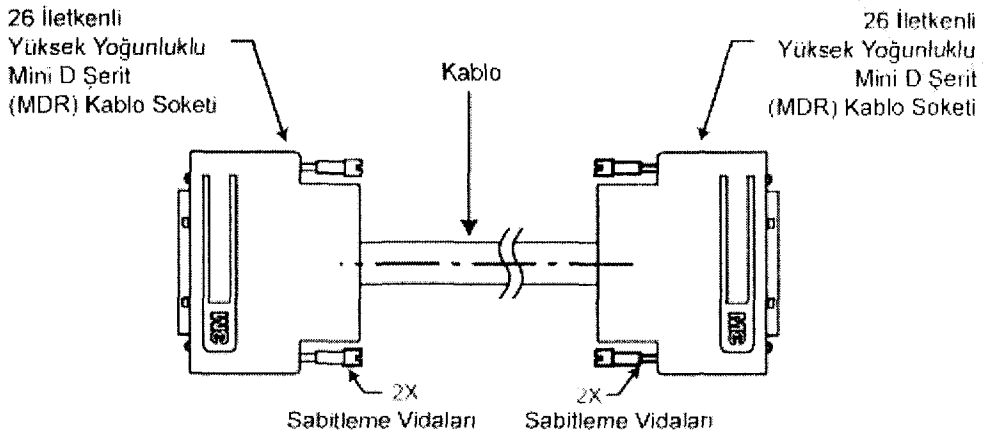
2.2.4.1. Kamera Denetimi

Dört kamera denetim hattı, tam bir Camera Link Temel Konfigürasyonu sağlar. CC1, CC2, CC3 ve CC4 olarak isimlendirilmiş bu denetim hatları, gerçek zamanlı denetim ve kameranın tetiklenmesini sağlar. Camera Link standardı, en yüksek derecede işlevlilik için tasarlanmıştır. Farklı üreticilerin ortak ürün özellikleri geliştirmesini sağlar ancak bu denetim hatlarının bazı özel işlevleri standartta tanımlanmamıştır.

Görüntü yakalama kartı üreticileri bu denetim hatları için programlanabilir yüksek hızlı portlar sağlarlar ve kamera üreticileri tarafından tanımlanan kamera denetim işaretlerine destek verirler. Denetim hatlarının görüntü yakalama kartı üzerinde bağlandığı portların programlanabilir olması değişik kamera üreticilerinin değişik denetim hattı işaretleri ile uyumluluğu sağlar.

2.2.4.2. Orta ve Tam Konfigürasyon

Camera Link standardı, Temel (Basic) konfigürasyonun yanısıra, Orta (Medium) ve Tam (Full) konfigürasyon olarak adlandırılan iki konfigürasyon daha tanımlar. Bu iki konfigürasyon ikinci bir Camera Link portu üzerinden fazladan video aktarım kanalları sağlar. Orta konfigürasyon, ikinci Channel Link entegre devresi ile ikinci bir 24 bit , 66 MHz veri yolu ve kamera zamanlama işaretleri için hatlar sağlar. Tam konfigürasyon, 72 bit , 66MHz 'e kadar çıkabilen üçüncü bir video kanalı ekler. Tam konfigürasyon, 4.7 Gbit/s (594 Mbyte/s) gibi bir hıza kadar veri transferi sağlayabilir.



Şekil 2.8. 3M Camera Link Kablosu.

Orta ve Tam Camera Link konfigürasyonları ikinci bir MDR 26 konnektör ve Camera Link kablosu kullanır. İkinci konnektördeki pin yerleşimi, birinci konnektöre göre az miktarda farklılık gösterdiği için standart Camera Link kablosu, her iki pin yerleşiminde de çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Orta ve Tam konfigürasyonlar, Temel konfigürasyonla birlikte çalışmaya yöneliktir. Tüm kamera denetimleri, haberleşme ve zamanlama işaretleri Temel konfigürasyona ait port üzerinden gerçekleşir.



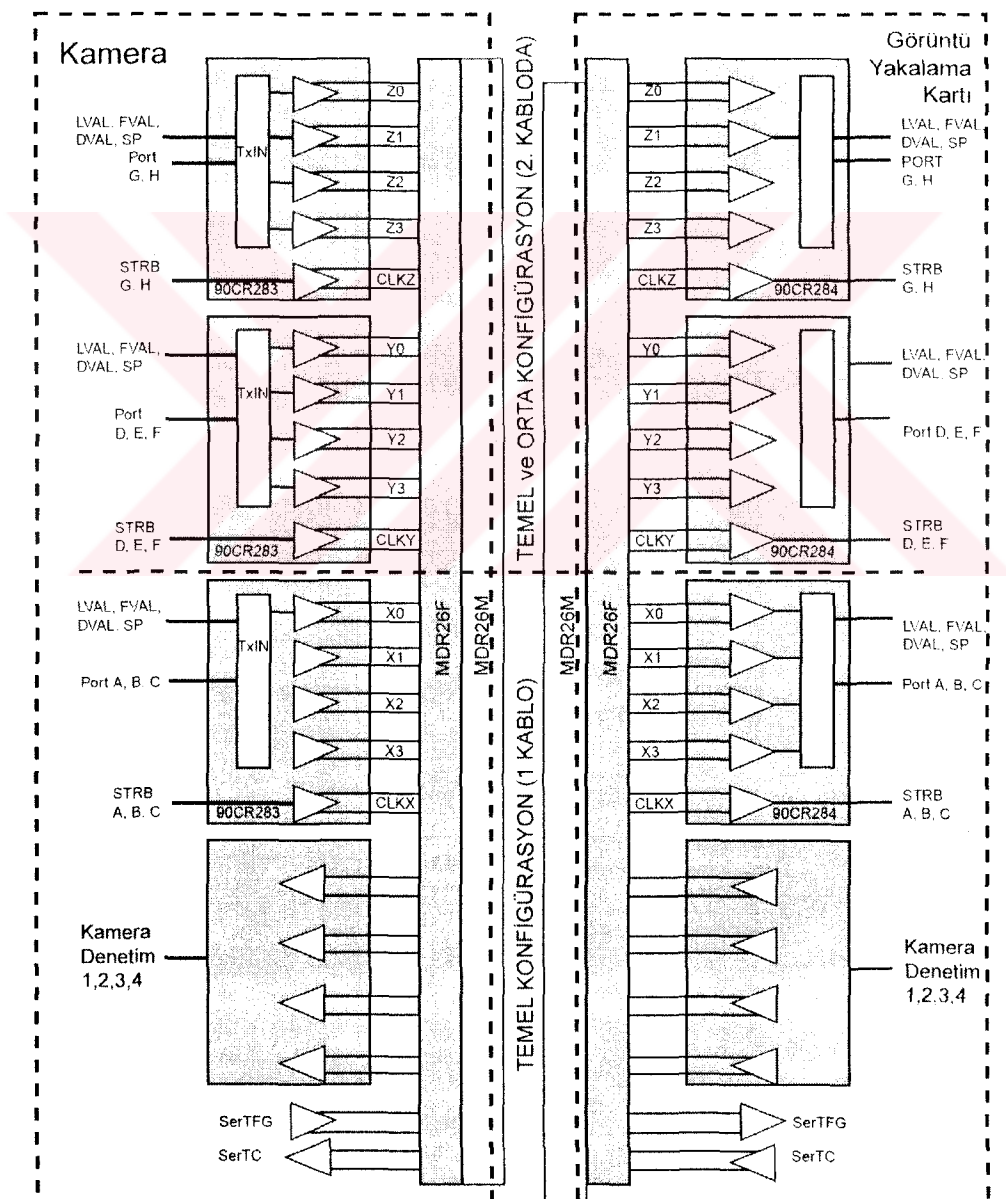
Şekil 2.9. Camera Link bağlantı fişi (3M, MDR 26)

Temel konfigürasyon, çoğu kamera için yeterlidir. Orta ve Tam konfigürasyon 1.5Gbit/s (198 Mbyte/s) 'ı aşan veri aktarım hızları için veya 24 bit 'ten daha geniş veri yolları için gereklidir.

2.2.4.3. Veri Kapısı İşlev Dağılımı

Cihazlar arasında kolay bağlantı sağlamak için Camera Link standardı, veri yolundaki verinin biçimini tanımlar. Her 24 bit video kanalı, üçer adet 8 bit kapıya

bölünmüştür ve Channel Link entegre devre setinin giriş pinlerine bağlanmıştır. Bu 8 bitlik portlar Port A, Port B ve Port C olarak adlandırılır, Orta konfigürasyonda adlandırma Port D, Port E, Port F ile devam eder ve son olarak Tam konfigürasyonda Port G, Port H ve Port I bulunur. Standart port dağılımları her tipte verinin aktarılmasını sağlayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Örneğin 8 bit genişliğinde bir veri, Port A ile aktarılabılırken 10 bit genişliğinde bir veri, Port A'yı ve Port B'nin en düşük anlamlı iki bitini kullanarak aktarılır. Renkli, 24 bit derinliğinde bir görüntü verisi, Port A, Port B ve Port C kullanılarak aktarılır. Burada Port A kırmızı byte olarak, Port B yeşil byte olarak ve Port C de mavi byte olarak kullanılır.



Şekil 2.10. Konfigürasyonlara göre Camera Link işaretleri.

2.2.4.4. Camera Link Yazılım Kütüphanesi

Camera Link standardına göre her üretici clser***.dll şeklinde isimlendirmesi olan bir DLL dosyasını sağlamalıdır. *** şeklindeki kısım, üretinin ismine göre belirlenecek bir eklentidir. Sağlanacak DLL dosyasında dört adet fonksiyon bulunmalıdır:

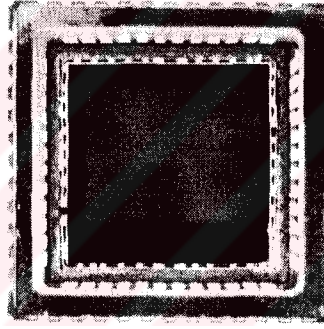
- clSerialInit : Görüntü yakalama kartı üzerindeki seri portu başlangıç durumuna getirir ve kullanıma sokar.
- clSerialRead : Kameradan seri port üzerinden veri okur
- clSerialWrite : Kameraya seri port üzerinden veri gönderir.
- clSerialClose : Seri portu kapatır ve haberleşmeyi keser.

3. KAMERA TASARIMI

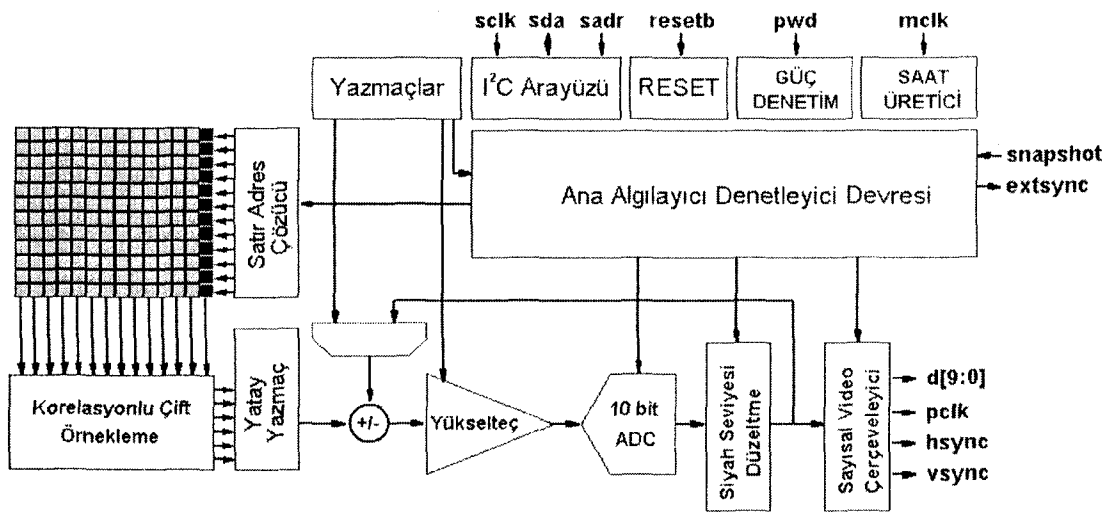
3.1. Kullanılan Görüntü Algılayıcı

LM9638, National Semiconductor firması tarafından üretilen 1.3 milyon pikselli CMOS siyah-beyaz görüntü algılayıcısıdır. National Semiconductor firması LM9638 ile aynı boyut ve elektronik özelliklerde renkli görüntü algılamak için kullanılan LM9648 adlı bir CMOS algılayıcı da üretmektedir.

LM9638, hareketli veya tek çerçeve görüntü almak için kullanılabilir. Piksel yapısı bakımından CMOS aktif pikselli algılayıcılar sınıfındandır. [LM9638 Datasheet]



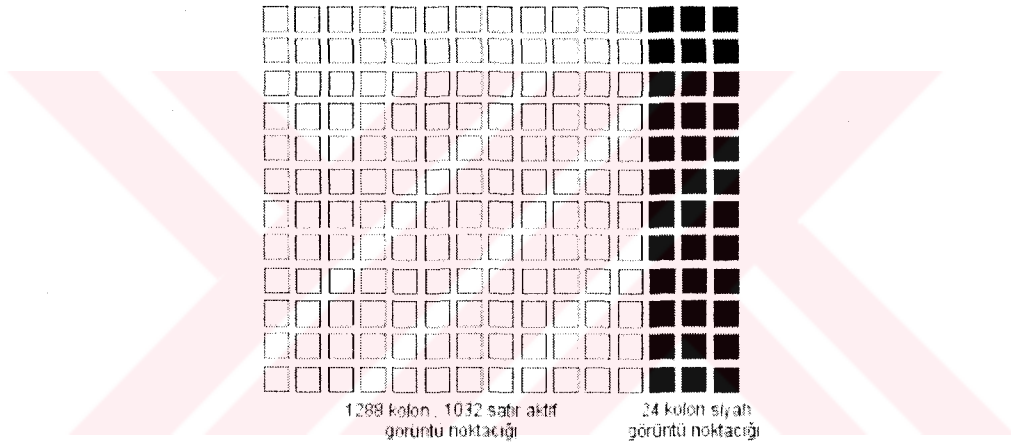
Resim 3.1. LM9638 CMOS görüntü algılayıcı.



Şekil 3.1. LM9638 CMOS görüntü algılayıcı blok şeması.

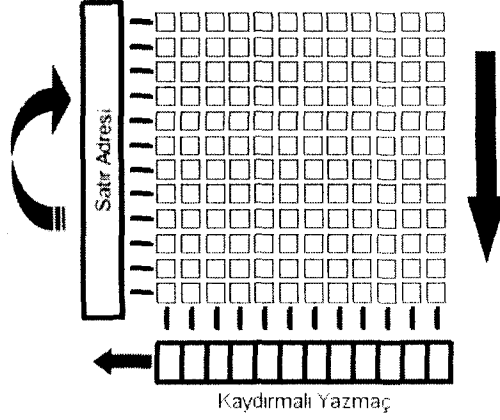
LM9638, dahili yüksek hızlı bir analog-sayısal dönüştürücüye sahiptir. Analog-sayısal dönüştürücü dışında daha birçok elektronik devre, algılayıcının üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bunlar, sabit desen gürültüsü önleme devresi, ofset ve otomatik siyah seviyesi ayarlama devresi, I²C seri arabirimi, algılayıcının devrelerinde kullanılan saat sinyallerini üreten sinyal üretici, programlanabilir kazançlı yükselteç ve algılayıcının ana denetim devresidir.

LM9638, toplam 1312 yatay piksel x 1032 düşey piksele sahiptir. Ancak bunların 1288 yatay x 1032 düşey pikseli etkin olarak görüntü algılamak için kullanılır. 24 sütun ise optik olarak kapatılmış piksellerden oluşur ve bu piksellere ışık düşmediği için görüntü algılamak için kullanılmazlar.



Şekil 3.2. LM9638'in piksel dizilişi.

Belirlenen ışık entegrasyon süresinin başlangıcında, yonga üzerindeki zamanlama ve denetim devresi, algılayıcının etkin olarak seçili satırındaki tüm piksellerini sıfırlar. Algılayıcının aynı satırındaki tüm pikselleri aynı anda sıfırlanır ama tüm algılayıcıdaki pikselleri aynı anda sıfırlanmaz.



Şekil 3.3. LM9638 algılayıcıda satır ve sütunların okunması.

Belirlenen entegrasyon süresinin sonunda, zamanlama ve denetim devresi, her satırı tek tek adresler ve her pikselin değeri korelasyonlu çift örnekleme devresine ve kaydırmalı yazmaca verir.

Korelasyonlu çift örnekleme devresi tarafından örneklenen işaretlere ait değerler, kaymalı yazmaca yüklendikten sonra, zamanlama ve denetim devresi, her seferinde bir pikselin değeri çıkacak şekilde yazmacı kaydırır.

Analog piksel işareti, bir programlanabilir kazançlı yükseltece uygulanır. Yükseltecin programlanabilir olması, piksellerin işaret seviyesinin ayarlanabilmesini sağlar. Her piksel için ayarlanan analog değer, daha sonra 10 bit sayısal analog çeviriciye verilir.

Kullanılan CMOS görüntü algılayıcısının her pikseli $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ boyutlarındadır. Piksellerin kapladığı toplam alan $7.85\text{mm} \times 6.3\text{mm}$ 'dir. Ancak bu alanın $6.27\text{mm} \times 7.81\text{mm}$ 'lik kısmı görüntü algılamak için kullanılır. Toplam alanla, etkin olarak alan arasındaki fark kaplanmış olan 24 adet siyah sütundan ileri gelmektedir. Algılayıcının doluluk oranı %49'dur. Algılayıcının optik formatı $1/2''$ tir.

3.1.1. İndirgenmiş Örnekleme Modları

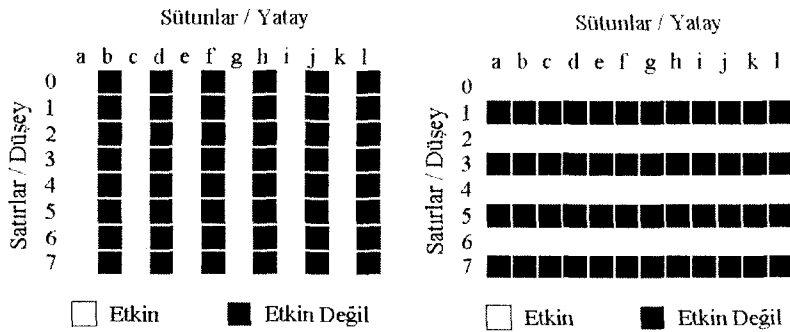
LM9638 CMOS görüntü algılayıcısı, dahili donanımı ile indirgenmiş görüntü örneklemeye olanak sağlayabilmektedir. Herbiri üç değişik konfigürasyona sahip dört değişik indirgenmiş görüntü örnekleme modu vardır. Algılayıcı, kullanım amacına göre bu modlardan birinde sürekli olarak çalışabilir veya sadece istendiği zaman bu modlardan biri etkin hale getirilebilir. Örneğin güvenlik kameralarında, aydınlatmanın yeterli olduğu gündüz saatlerinde, algılayıcının tüm pikselleri çalıştırılırken, düşük aydınlatma koşullarına sahip olan gece saatlerinde, algılayıcının ışığa hassasiyetini arttırmak ve gürültü seviyesini düşürmek için, iki veya dört komşu pikselin ortalamasını alarak çalışacak bir moda sokulabilir.

Algılayıcının dahili zamanlama ve denetim devresi, etkin pencerede, yatay, düşey veya hem yatay, hem düşey olacak şekilde indirgenmiş örnekleme yapmak üzere programlanabilir.

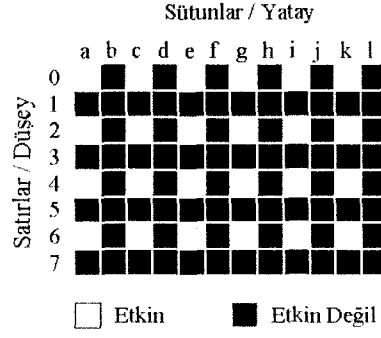
LM9638 görüntü algılayıcısının, 2:1 indirgenmiş örnekleme modunda çalıştırılması için yapılması gereken yazmaç ayarları Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. 2:1 indirgenmiş örnekleme için yazmaç-bit değerleri.

Yazmaç	VIDCONFIG	VSCAN	HSCAN
Bit	Color	Vsub	HSub
Düşey	0	1	0
Yatay	0	0	1
Yatay ve Düşey	0	1	1



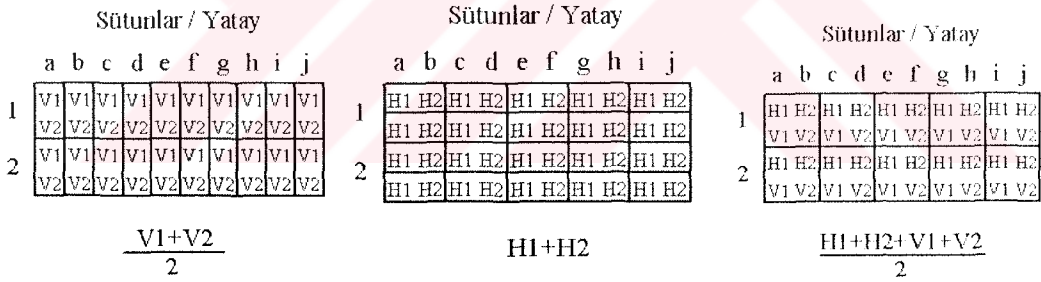
Şekil 3.4. Yatay ve düşey 2:1 indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.



Şekil 3.5. Hem yatay, hem düşey 2:1 indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.

Tablo 3.2. 2:1 Ortalamalı indirgenmiş örnekleme için yazmaç-bit değerleri.

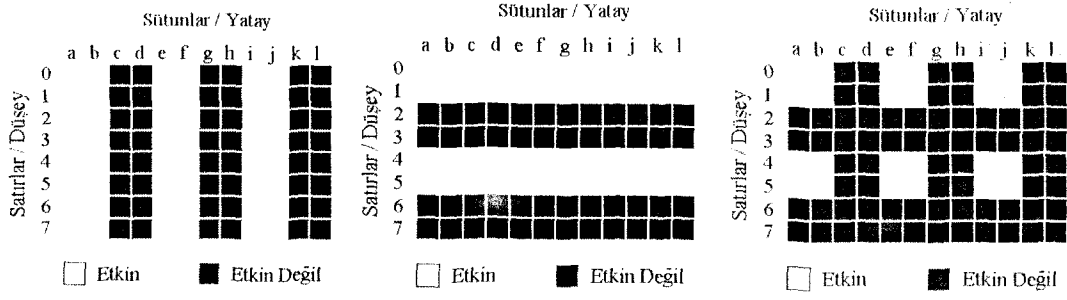
Yazmaç	VIDCONFIG	VSCAN	HSCAN
Bit	Color	Vavr	Havr
Düşey	0	1	0
Yatay	0	0	1
Yatay ve Düşey	0	1	1



Şekil 3.6. Yatay, düşey ve hem yatay, hem düşey 2:1 ortalımalı indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.

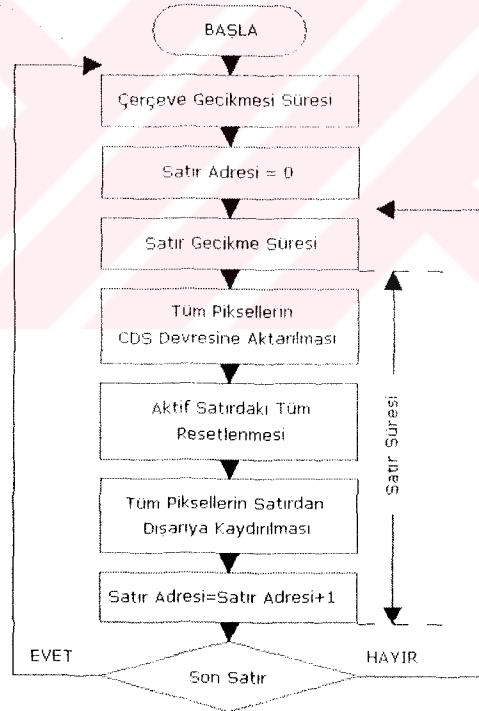
Tablo 3.3. 4:1 Ortalamalı indirgenmiş örnekleme için yazmaç-bit değerleri.

Yazmaç	VIDCONFIG	VSCAN	HSCAN
Bit	Color	Vsub	HSub
Düşey	1	1	0
Yatay	1	0	1
Yatay ve Düşey	1	1	1



Şekil 3.7. Yatay, düşey ve hem yatay, hem düşey 4:1 indirgenmiş örneklemede piksellerin okunması.

Çerçeve süresi, algılayıcının piksel dizisindeki her pikselin resetlenmesi, gelen ışığa maruz bırakılması, ışığın sayısal veriye çevrilmesi ve sayısal verinin sayısal video çıkışına verilmesi için geçmesi gereken süredir. Bir çerçevenin alınması sırasındaki aşamalar aynı zamanda gerçekleşmezler. Her biri art arda gerçekleşen olaylardır ve her biri için belirli bir zaman geçmesi gereklidir.



Şekil 3.8. . Çerçeve okunuşu akış şeması.

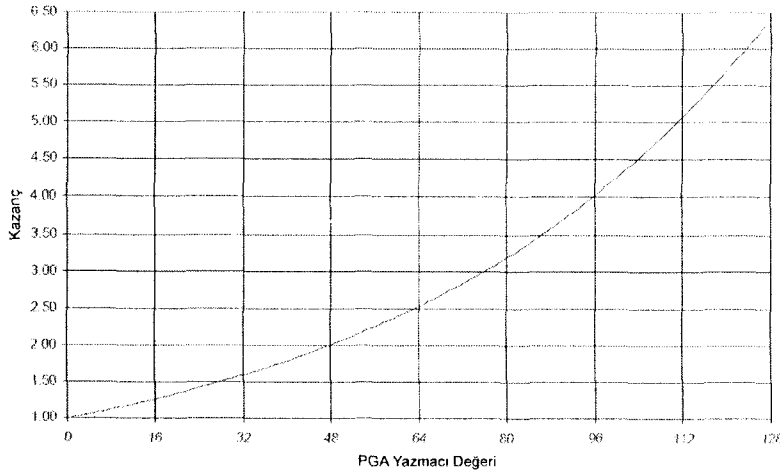
Çerçeve süresini, pozlama süresini ve işaret seviyesini etkileyen faktörler şunlardır:

- **HCİlk İşaretinin Frekansı :** HCİlk dahili bir işarettir ve sisteme dışarıdan verilen mclk saat sinyalinin üretilir. VCLKGEN yazmacının HclkGen

bitleri ile, melk saat işaretinin frekansının, 2,4 veya 6 değerlerinden birine bölünmesi sağlanır.

- **Aktif Pencere Boyutu** : Görüntü algılayıcının, aktif olarak çalışması istenilen bölgesinin büyüklüğü, algılayıcının saniyede verebildiği çerçeve sayısını etkilemektedir. Az sayıda pikselin aktif olması durumunda algılayıcının hızı artmaktadır.
- **İndirgenmiş Örnekleme Modları**.
- **Satır Gecikme Süresi** : Satır gecikme süresi RDELAYH ve RDELAYL yazmaçlarıyla programlanabilir. Algılayıcının bir çerçeveyi verme süresi aktif satır sayısı x satır gecikme süresi kadar uzar.
- **Çerçeve Gecikme Süresi** : Bir çerçevenin alınması için gereken süre FDELAYH ve FDELAYL yazmaçları ile programlanabilen çerçeve gecikme süresi kadar uzar.

LM9638 görüntü algılayıcısının içindeki programlanabilir kazançlı yükselteçle, okunan piksellerin değerleri, analog-sayısal dönüştürücüye girmeden önce ayarlanabilir. Herbiri 0.125dB'lik 128 adımla, 16dB'e kadar bir analog kazanç, algılayıcının PGA adlı yazmacı ile seçilebilir. Bu yazmaca yazılan değer ile, yükseltecin dB olarak kazancı, Grafik 3.1'te gösterildiği gibi değişir.. 5.6dB'in üzerinde bir kazancı seçmek için, OPCTL yazmacının LowLight biti 1 yapılmalıdır.



Grafik 3.1. PGA yazmacı değeri - kazanç grafiği.

3.1.2. Siyah Seviyesi ve Ofset Ayarı

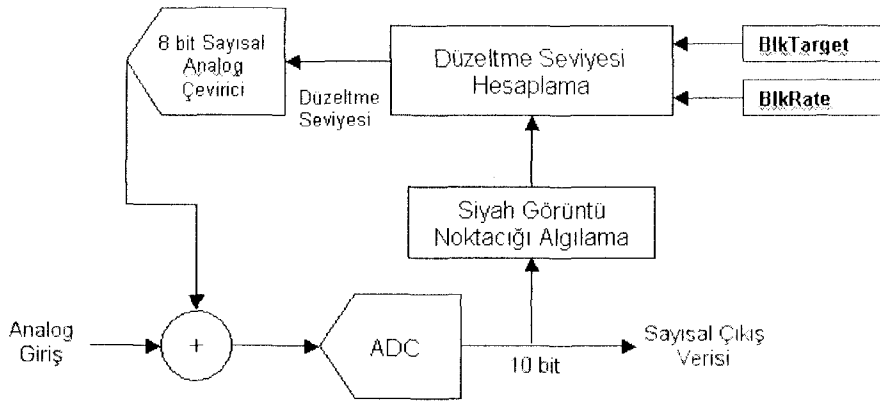
LM9638, siyah seviyesi ayarı için kaba ve ince ayar seçeneklerine sahiptir. Kaba ayar, PIXELOFFSET yazmacı ile yapılır ve sadece devreye besleme gerilimi ilk verildiği anda yapılması yeterlidir. İnce ofset ayarı ise bir satır esas alınarak yapılır ve yonga üzerindeki siyah seviyesi düzeltme devresi ile otomatik olarak veya dışarıdan bir devre ile elle yapılabilir.

3.1.2.1. Otomatik Olmayan Siyah Seviyesi ve Ofset Ayarı

Ofset kanalı, 255'e kadar siyah seviyesi ve ofset seviyesi ayarı yapmayı sağlar. Siyah seviyesini ve ofseti manuel olarak ayarlamak için BLKLEVCONFIG yazmacındaki BLKLEVEN biti 1 yapılmalıdır. Bundan sonra OFFSET yazmacına 8 bitlik ofset değeri yazılabilir.

3.1.2.2. Otomatik Siyah Seviyesi ve Ofset Ayarı

Otomatik siyah seviyesi ve ofset ayarı modu, BLKLEVCONFIG yazmacının BLKLEVEN biti 0 yapılarak devreye alınır.



Şekil 3.9. Otomatik siyah seviyesi ayarlama devresi blok şeması.

Şekil 3.9.-, LM9638 CMOS görüntü algılayıcı yongasının üzerindeki otomatik siyah seviyesi ve ofset ayarlama devresini göstermektedir. Her satır için, ortadaki 8 siyah pikselin sayısallaştırılan değerleri, düzeltme seviyesi hesaplama devresine

verilir. Bu devre, sayısal, birinci dereceden üstel ortalama filtresidir. Bu devre, optik olarak siyah olan piksellerin işaret seviyeleri sayısallaştırılınca alınan değerin istenilen siyah seviyesinde olmasını garantilemek için gerekli olan düzeltme seviyesini hesaplar. İstenilen siyah seviyesi, BLKTARGET yazmacı ile programlanır.

Siyah seviyesi denetim döngüsü, sadece algılayıcıdaki piksellerin siyah seviyesini denetlemez, aynı zamanda, sistemdeki analog sayısal dönüştürücü ve programlanabilir kazançlı yükseltecin ofsetini de denetler. BLKLEVCONFIG yazmacının içindeki BlkRate parametresi programlanarak döngünün yakınsama hızı'ı ayarlanır. BlkRate parametresinin düşük değerleri, hızlı yakınsama sağlar, yüksek değerleri hesaplanan düzeltme değerindeki gürültüyü azaltır. BlkRate parametresi için en uygun değer, enerji verildikten hemen sonraki yakınsama hızı ve görüntü kalitesi arasındaki uzlaşmanın bir sonucudur.

3.1.3. Algılayıcının Denetimi

LM9638 algılayıcısına ilk enerji verildiğinde, algılayıcının başlangıç durumuna gelmesini yonga üzerindeki sıfırlama devresi sağlar. İlk açılış durumundan daha başka bir zamanda algılayıcıyı sıfırlamak için algılayıcının **resetb** bacağı mantıksal 0 seviyesine çekilmelidir veya algılayıcının PWD&RST yazmacının **SenReset** bitine 1 yazılmalıdır.

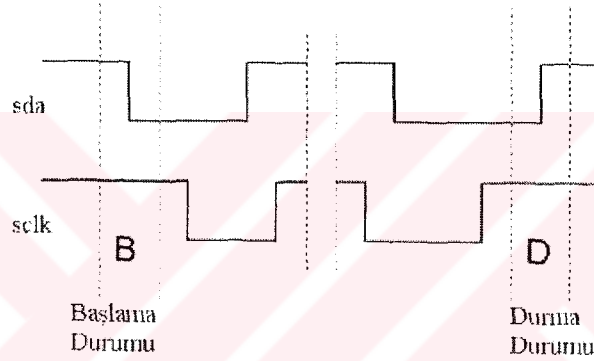
LM9638 algılayıcı yongasının üzerinde analog ve sayısal devreleri açıp kapatmaya yarayan güç yönetim sistemi vardır. Algılayıcı pdwn bacağı mantıksal 1 seviyesine çekilerek veya PWD&RST yazmacının PwDn bitine 1 yazılarak kapanma durumuna getirilebilir, aynı şekilde **pdwn** bacağı mantıksal 0 seviyesine çekmek veya PwDn bitine 0 yazarak algılayıcı başlatılabilir.

Algılayıcıdaki tüm devrelerin enerjilenmesi birkaç milisaniye sürmektedir. Bu süre içinde, algılayıcı görüntü yakalamak için kullanılamaz. Güç yönetimi yazmacı, algılayıcının kullanıma hazır olup olmadığını gösteren bir bit içerir.

3.1.4. Seri Veriyolu

Kullanılan LM9638 CMOS görüntü algılayıcısının seri veriyolu, veri (sda), saat (sclk) ve adres (sadr) uçlarından oluşur. LM9638 sadece köle biçiminde haberleşebilir. Sclk bacağı bir giriştir ve sadece seri arayüzde kullanılır. Algılayıcının diğer tüm saat işlevleri ana saat girişi pini olan mclk bacağına uygulanan saat işaretini kullanılarak yürütülür.

Seri veriyolu, sclk bacağı mantıksal 1 seviyesindeyken, sda bacağındaki mantıksal 1 seviyesinden mantıksal 0 seviyesine geçişi, **başlama** durumu olarak algılar. Sclk bacağı mantıksal 1 seviyesindeyken, sda bacağındaki mantıksal 0 seviyesinden mantıksal 1 seviyesine geçiş ise **durma** durumu olarak algılanır.



Şekil 3.10. I²C seri veriyolu başlama ve durma koşulları.

3.2. Kullanılan Mikrodenetleyicinin Seçilmesi

Tasarımda kullanılacak mikrodenetleyicinin seçiminde şu özellikler göz önünde bulundurulmuştur:

3.2.1. Tekrar Tekrar Programlanabilirlik

Geliştirme sırasında mikrodenetleyicinin yazılımında sık sık değişiklik yapılması ve hataların düzeltilmesi gerekeceği için, sadece bir sefer programlanabilen tipte bir mikrodenetleyici yerine, istenildiği zaman silinip tekrar programlanabilen bir mikrodenetleyici kullanılması tercih edilmiştir. Programı yükleme süresi daha kısa ve daha esnek olan FLASH program bellekli bir mikrodenetleyicinin geliştirme sürecini hızlandıracağına karar verilmiştir.

3.2.2. Dahili Donanımsal I²C Seri Haberleşme Ünitesi

CMOS görüntü algılayıcısı ile haberleşmek için kullanılacak olan I²C seri haberleşme standardında haberleşmeyi yazılımsal ve donanımsal olarak mikrodenetleyici içinde sağlamak mümkündür. Bu haberleşmenin yazılımsal olarak gerçekleştirilmesi, mikrodenetleyicinin normal program akışı içerisinde, standart giriş çıkış portlarını I²C standardında belirtilen zamanlama ve sıra ile 1 veya 0 yaparak mümkün olmaktadır. Bu metod mikrodenetleyicinin işlem gücünün ve zamanının bir kısmını ayırmasını gerektirmektedir. Özellikle yoğun bir şekilde birçok işlemle meşgul olan bir mikrodenetleyiciye sahip olan sistemlerde I²C seri haberleşme standardında haberleşmenin bu şekilde gerçekleştirilmesi, mikrodenetleyicinin yapması gereken diğer işlemlerin aksamasına yol açabilmektedir. Donanımsal I²C seri haberleşme ünitesi bulunan mikrodenetleyicilerde ise, I²C aracılığı ile gönderilmesi istenen veri ilgili yazmaca yazılır ve bundan sonra her bit için üretilmesi gereken I²C saat darbeleri ve veri ucunun durumu donanımsal I²C ünitesi tarafından halledilir. Verinin gönderilmesi

sırasında, mikrodnetleyicinin normal program akışı devam edeceği için, diğer işlemleri gerçekleştirebilmesi mümkün olur.

3.2.3. Dahili Donanımsal RS-232 Seri Haberleşme Ünitesi

Tasarlanan CMOS sayısal kamera, bilgisayar ile birlikte çalışacağı için görüntü algılayıcısı ile ilgili bazı ayarların bilgisayardan kameraya aktarılabilmesi ve bazı komutların gönderilebilmesi gerekmektedir. Bilgisayar ile kamera arasındaki bağlantı için hemen hemen her kişisel bilgisayarda standart olarak bulunan RS-232 seri haberleşme protokolü seçilmiştir. Aynen I²C ünitesinde de olduğu gibi RS-232 standardını mikrodnetleyicinin içinde yazılımla gerçekleştirmek mümkündür. Ama bu şekilde bir tasarım, mikrodnetleyicinin yazılımı karmaşık bir hale getirmektedir. Özellikle de RS-232 asenkron olarak kullanıldığı için, veri alırken ve veri gönderirken veri bitlerinin zamanlamasının doğru yapılması çok önemlidir. Aksi takdirde hatalı veriler alınacak ve gönderilecektir. Bu yüzden dahili donanımsal bir evrensel asenkron alıcı – verici (UART: universal asynchronous receiver transmitter) ünitesi olan bir mikrodnetleyici tercih edilmiştir. Böylece mikrodnetleyici veri gönderme işleminde kritik zamanlamalarla vakit kaybetmemekte ve veri alırken de donanımsal kesmeler oluşturularak gelen veriler hatasız ve zamanında alınabilmektedir. [PIC18FXX2 Datasheet]

3.2.4. Çalışma Gerilimi

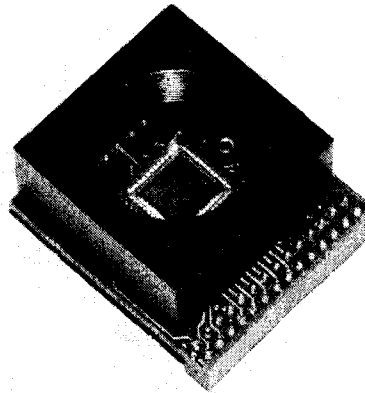
Tasarımda kullanılam CMOS görüntü algılayıcısı 3.3Volt gerilim ile çalıştığı için ve bu algılayıcının mikrodnetleyiciden gelmesi gereken sinyallerin bağlandığı uçları 5Volt'a dayanıklı olmadığı için 3.3Volt besleme gerilimi ile çalışabilen bir mikrodnetleyici tercih edilmiştir. Yaygın olarak kullanılan 5Volt besleme gerilimi ile çalışan bir mikrodnetleyici kullanılması durumunda, CMOS görüntü algılayıcısının zarar görmemesi için, 5Volt'tan 3.3Volt'a seviye dönüşümü yapan özel entegre devrelerin de tasarıma eklenmesi gerekmektedir.

3.2.5. Çalışma Hızı

RISC (indirgenmiş komut setli hesaplayıcı , Reduced instruction set computer) tabanlı mikrodnetleyiciler, bazı koşullu dallanma komutları, karşılaştırma komutları ve bazı özel aritmetik işlem komutları dışında, bir komutu bir çekirdek saat çevrimi içinde işleyip bitirirler. Mikrodnetleyicilerin çalışma hızları genellikle sıradan bir komutu ne kadar sürede işledikleri ile ölçülmektedir. Kullanılacak mikrodnetleyici seçilirken, komut işleme süresinin, CMOS görüntü algılayıcısıyla haberleşmek için ve ayarlarını yapabilmek için yeterli hızda olmasına dikkat edilmiştir. Görüntü algılayıcı çok hızlı çalıştığı için, doğrudan görüntü verisini alıp işlemek veya aktarmak için ise basit bir mikrodnetleyici yerine, yüksek hızlı sayısal işaret işleyiciler, FPGA tümdevreleri ve hızlı bellek tümdevreleri gerekmektedir.

3.3. Kameranın Çalışması

Kameranın tasarımında, algılayıcının üzerinde bulunduğu bir devre kartı ve bu karta bağlı bir denetim devre kartı kullanılmıştır. National Semiconductor firması tarafından, LM9638 görüntü algılayıcı ile kamera tasarımı yapılabilmesine yardımcı olmak üzere sağlanan bu devre kartına, algılayıcının çalışması için gereken denetim ve veri işaretleri ve algılayıcının beslemesi, çift sıra bir konnektör ile gelmektedir. Algılayıcı kartın görüntüsü Resim 3.2.'de görülebilir. [LM9638 Camera Headboard]



Resim 3.2. LM9638 algılayıcı kartının görüntüsü.

Tablo 3.4. Algılayıcı kartın bağlantı işaretleri.

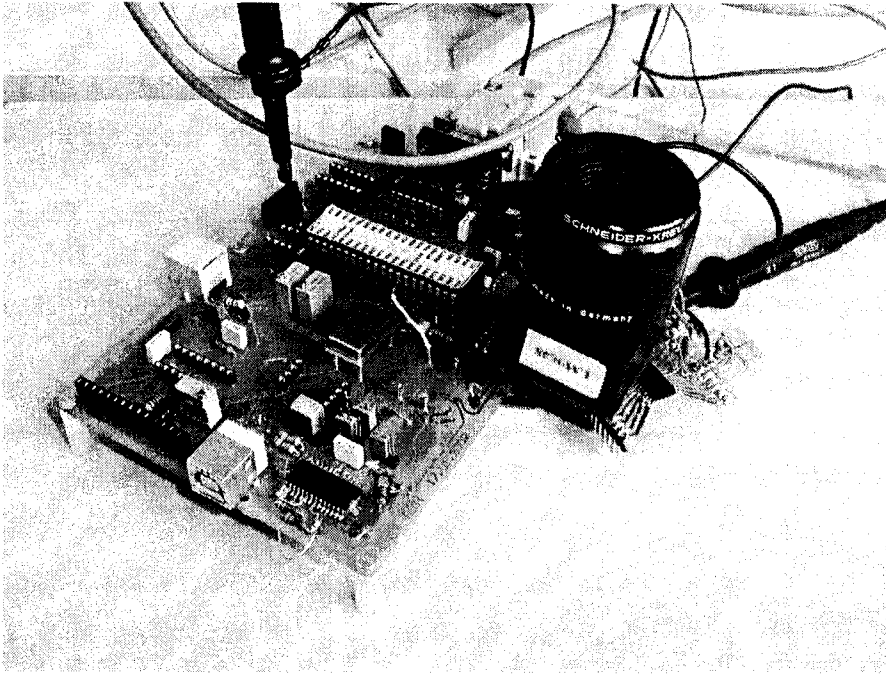
Bacak Numarası	İşaret Adı	İşaret könu	Açıklama
1	SNAPSHOT	Algılayıcı	Şipşal modu çıkışı
2	HSYNC	Denetim kartına	Yatay eşzamanlama
3	VSYNC	İki yönlü	Düşey eşzamanlama
4	PCLK	Denetim kartına	Piksel saati
5	MCLK	Algılayıcıya	Ana saat işareti
6,7,19,20,28	GND	-	Toprak
7	GND	-	Toprak
8	D0	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit0 (LSB)
9	D1	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit1
10	D2	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit2
11	D3	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit3
12	D4	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit4
13	D5	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit5
14	D6	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit6
15	D7	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit7
16	D8	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit8
17	D9	Denetim kartına	Piksel Değeri -- bit9 (MSB)
18	POWER	Algılayıcıya	+3.3Volt besleme
21	PDWN	Algılayıcıya	Uyku moduna giriş
22	RSV1	-	Kullanılmıyor
23	EXTSYNC	Denetim kartına	Harici eşzamanlama
24	RSV2	-	Kullanılmıyor
25	SDA	İki yönlü	I ² C Veriyolu veri işareti
26	SCLK	İki yönlü	I ² C Veriyolu saat işareti
27	RESETB	Algılayıcıya	Algılayıcı resetleme işareti

Algılayıcı kartı, orijinal şema ile aynı bacak konfigürasyonuna sahip olacak şekilde, Protel DXP baskı devre tasarım yazılımı ile iki yüzlü olacak şekilde tekrar çizilmiştir. Algılayıcı kartının üzerinde sadece LM9638 görüntü algılayıcısı ve bu algılayıcının çalışması için gerekli bazı pasif elemanlar bulunmaktadır. Algılayıcı kartındaki tüm kondansatör ve direnç gibi pasif devre elemanları yüzey üstü monte kılıflarda kullanılmıştır. Kartta, denetim kartından gelen +3.3V beslemenin girdiği 18 numaralı pinden itibaren, beslemeyi taşıyan yol, görüntüdeki gürültüleri en aza

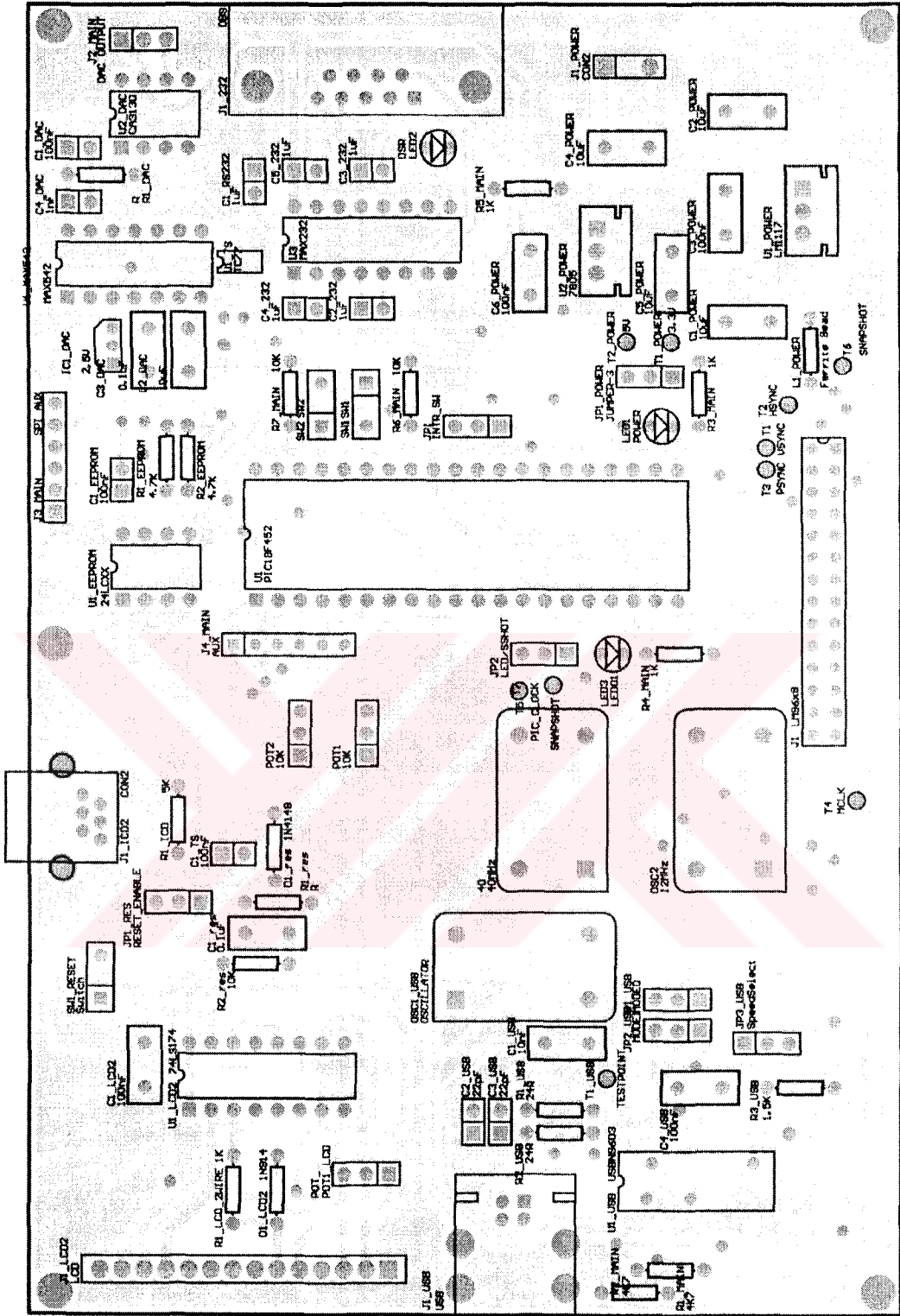
indirmek için, analog ve sayısal VDD olarak isimlendirilerek, algılayıcının analog ve sayısal devrelerine bağlı besleme girişlerine ayrı ayrı hatlarla iletilmiştir. Böylece, sayısal devrelerdeki kapıların açılıp kapanması sırasındaki gürültülerin analog devreleri daha az etkilemesine çalışılmıştır. Kamera tasarımının daha sonraki safhalarında, algılayıcı kartı 4 katmanlı olarak yapılarak ve ortadaki katmanların birini tamamen toprak ile kaplayarak, gürültünün daha da azaltılması mümkün olabilir. Yüksek hızlı analog-sayısal karma devrelerde, mümkün olduğu kadarıyla, analog ve sayısal besleme ve toprak hatlarını birbirlerinden bağımsız olarak çizmek ve bunları, karta giriş noktasında birleştirmek, sayısal devrelerin, analog işaretlere gürültü bindirmemesi için sıkça kullanılan bir metoddur.

Algılayıcı kartında ayrıca, C-Mount kamera objektifi monte edebilmek için plastik bir blok bulunmaktadır. Bu plastik blok ile algılayıcının pozisyonları, objektif monte edildiğinde, algılayıcının görüntü alan kısmının merkezinin, objektifin optik merkezine denk gelecek şekilde hassas olarak ayarlanmıştır.

Algılayıcının çalıştırılması için ilk olarak genel amaçlı bir geliştirme kartı tasarlanmıştır. Yapılan kartın görüntüsü Resim3.3.'te, baskılı devre çizimi ise Şekil 3.11'de görülmektedir.



Resim 3.3. LM9638 CMOS algılayıcılı kamera devresinin görüntüsü.



Şekil 3.11. Yapılan ilk test kartının baskılı devre görüntüsü.

Bu kartın üzerinde, algılayıcı kartının takılabileceği çift sıralı 28 bacaklı bir bağlantı noktası, PIC18F452 mikrodnetleyici, bu mikrodnetleyici için devre üzerinde programlama soketi, mikrodnetleyici ve görüntü algılayıcı için saat üretici

devreler, mikrodnetleyici ile bilgisayar arasında denetim ve test amaçlı haberleşme sağlayan bir RS-232 noktası ve düşük çözünürlüğe ve düşük çerçeve hızına sahip bir görüntü aktarma noktası olarak USB1.1 bağlantı noktası yer almaktadır. USB1.1 bağlantısı için National Semiconductor firmasının USBN9603 USB denetleyici tümdevresi kullanılmıştır. Mikrodnetleyici ile USBN9603 arasındaki bağlantı 3 pin, seri senkron çevrebirim arayüzü ile yapılmıştır.

Protel DXP baskılı devre tasarım yazılımı ile çift taraflı olarak tasarlanan test kartının üretiminden sonra ilk olarak sadece mikrodnetleyicinin soketi, voltaj regülatörleri ve mikrodnetleyicinin saat işaretini üreten 40MHz osilatör, besleme devresindeki kondansatörler ve LED'ler monte edilmiştir. Mikrodnetleyici sokete takılmadan, devreye besleme verilmiş ve 3.3Volt voltaj regülatörünün çıkışı ve mikrodnetleyicinin osilatörünün çıkışı kontrol edilmiştir. Daha sonra mikrodnetleyici, bir çıkış pininden basit karedalga üreten bir yazılım yüklenerek devreye takılmıştır. Osiloskopla bu test çıkışı test edilerek, mikrodnetleyicinin çalıştığından emin olunmuştur.

Mikrodnetleyici ile ilgili testler bittikten sonra devre üzerine, görüntü algılayıcı kartının takılacağı soket, görüntü algılayıcının MCLK adlı saat işaretini üretecek osilatör ve RS232 seri portuna ait elemanlar monte edilmiştir. Yapılan kart test ve deneysel çalışma amaçlı olduğu için istenildiği zaman kolayca değişik frekanslı bir osilatörle değiştirilebilmesi için, osilatör karta doğrudan lehimlenmemiş, bir soket ile takılmıştır. Osilatörün fonksiyonel testi yine osiloskopla yapılmıştır. Seri portun testi ise mikrodnetleyiciye seri porttan sürekli veri gönderecek bir yazılım yüklenerek, bilgisayar tarafında yapılan basit bir yazılıma veri göndermesi sağlanarak yapılmıştır.

Görüntü algılayıcı kart, test kartına bağlandıktan sonra, ilk olarak I²C seri arayüzü üzerinden, mikrodnetleyici ve görüntü algılayıcının sağlıklı bir şekilde haberleştiğinden emin olmak için, görüntü algılayıcının DEVID adlı cihaz kimlik numarası yazmacı okunmaya çalışılmıştır.

```

#define DEVID 0x00 //DEVID yazmacının adresi
int write_deviceadr = 0xaa;
int read_deviceadr = 0xab;

i2c_start(); // I2C başlatma durumu
i2c_write(read_deviceadr); // Okuma modunu seç
dataaa=i2c_read(0); // I2C'den veri oku
i2c_stop(); // I2C durdurma durumu

printf("DEVID:%U\n",dataaa); // Seri porttan cihaz
// kimlik numarasını gönder.

```

i2c_start, i2c_write, i2c_read, i2c_stop fonksiyonları, mikrodnetleyicinin dahili I²C ünitesini denetleyen C fonksiyonlarıdır. Algılayıcı ve işaretleyici arasındaki işaretleşmenin nasıl olduğu Bölüm 3.1.4.'te anlatılmıştır.

Algılayıcının cihaz kimlik numarası veri kağıdında belirtildiği gibi 72 olarak okunmuş ve mikrodnetleyici ile görüntü algılayıcı arasındaki seri haberleşmenin sağlandığı anlaşılmıştır.

LM9638 görüntü algılayıcısı, besleme verildiği anda, kendiliğinden görüntü almaya başlamadığı için, HSYNC, VSYNC, PCLK işaretleri doğrudan izlenememektedir. Bu yüzden yapılan geliştirme kartının üzerindeki mikrodnetleyiciye, algılayıcıyı açılıştan resetleyerek, I²C veriyolu üzerinden, ilgilenilen pencere boyutlarını, kazanç ve entegrasyon süresi gibi ayarlarını ilgili yazmaçları programlayarak yapan ve ardından algılayıcıyı video moduna sokan bir yazılım yapılmıştır.

Algılayıcının çıkış işaretlerinin daha rahat bir şekilde incelenebilmesi için MCLK işaretini üreten osilatörün frekansı, LM9638 görüntü algılayıcısının veri kağıdında önerilen en düşük frekans olan 12MHz olarak seçilmiştir. Algılayıcı sürekli görüntü alma modu olan video moduna sokmak için SNAPMODE yazmacının SnapEnable biti 0 yapılmıştır.

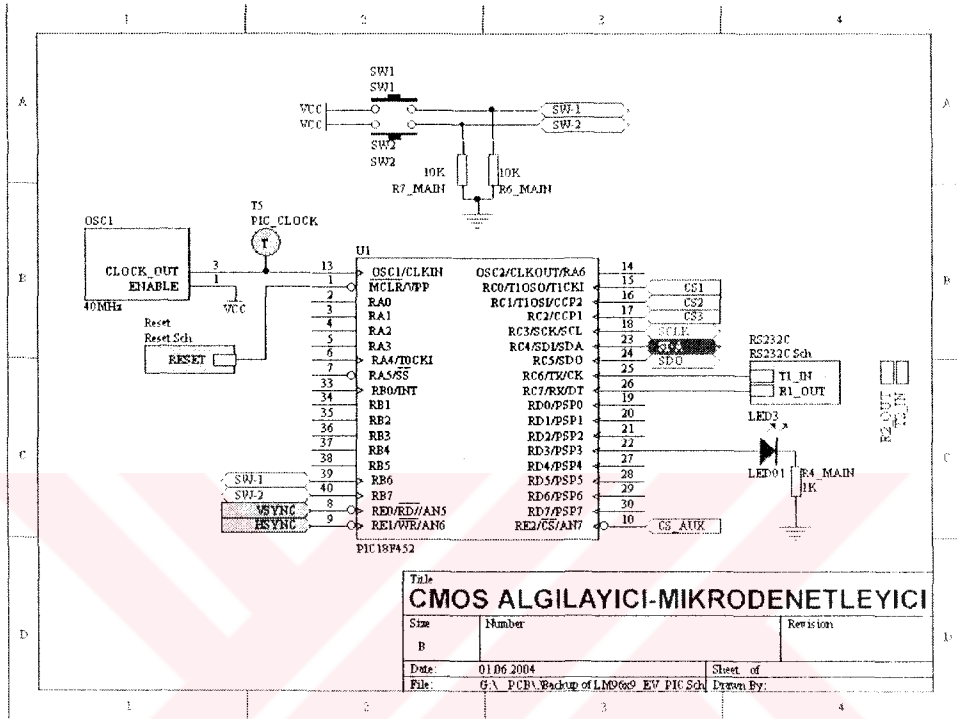
Görüntü algılayıcı, sürekli video moduna sokulduktan sonra osiloskopla, PCLK, HSYNC, VSYNC işaretleri izlenmiştir. Algılayıcının 10bit sayısal piksel verisi çıkışının da her biti tek tek osiloskopla incelenmiştir. Laboratuvarda lojik analizör cihazı bulunmadığından, 10bit veri aynı anda incelenememiş ancak algılayıcının üzeri kapatılarak ışık alması engellendiğinde yüksek anlamlı bitlerden başlayarak, veri çıkış bitlerinin sürekli sıfır seviyesine düştüğü, algılayıcının üzerine doğrudan ışık düşürüldüğünde ise, yüksek anlamlı bitlerin bir seviyesine çıktığı gözlemlenmiştir.

Yapılan test kartında, algılayıcının 10bit piksel verisi mikrodenetleyicinin 8 yüksek anlamlı biti D portuna girmektedir. Ayrıca PCLK, HSYNC ve VSYNC işaretleri de mikrodenetleyicinin harici kesme oluşturabilen bacaklarına bağlanmıştır. Böylece isteğe göre çerçeve başlangıcında, satır başlangıcında veya her piksel verisi portta hazır olduğunda kesme oluşması sağlanabilecektir. Ancak algılayıcı 12MHz hızında çalıştırılırken bile, bir komutu 100ns'de işleyebilen mikrodenetleyicinin bu veriyi görüntü oluşturmak için alabilmesi mümkün değildir. Ayrıca mikrodenetleyicinin içerisindeki dahili bellek de çok küçük olduğundan görüntü almaya yeterli olmamıştır. Buna rağmen, algılayıcı, önerilen hızın altında olan 4MHz MCLK işareti ile çalıştırılmış, mikrodenetleyiciye, bir satırın başlangıcını harici kesme ile yakalayarak, 1000 adet piksel verisi D portundan okunarak, dahili RAM'e yazılmış, ardından, harici kesmeler kapatılarak seri porttan kişisel bilgisayara gönderilmiş ve görüntünün ilk satırının bir kısmının verisi elde edilmiştir.

Test kartının üzerindeki USB1.1 bağlantısı sağlayan arayüz ise, görüntü verisi bir tampon bellekte saklanamadığı ve dolayısıyla görüntü verisinin geliş hızından daha hızlı bir şekilde aktarılamadığı için görüntü aktarımı için kullanılmamıştır. Çünkü USB1.1, RS232'ye göre daha hızlı da olsa, görüntünün alınma hızı, bilgisayara aktarma hızından yine de hızlı olduğu için önemli bir fayda sağlayamamaktadır.

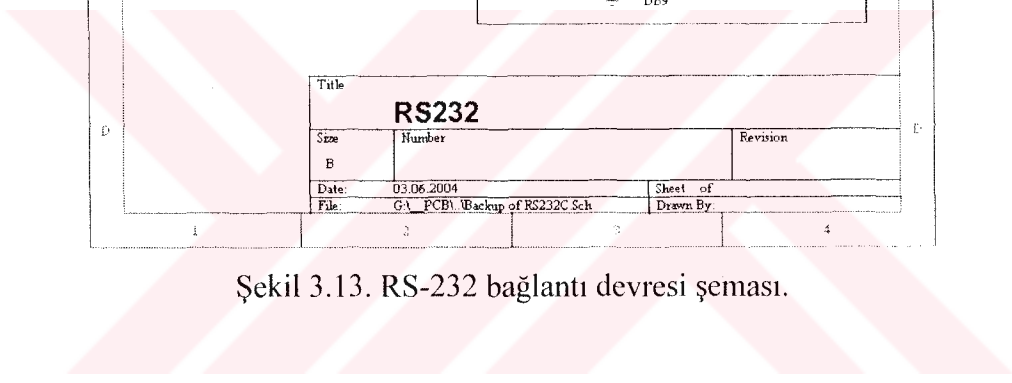
Yapılan ilk test kartı ile algılayıcının çalıştırılmasından sonra görüntü verisinin bilgisayara aktarılması için ikinci bir kart tasarlanmıştır. Yapılan ikinci

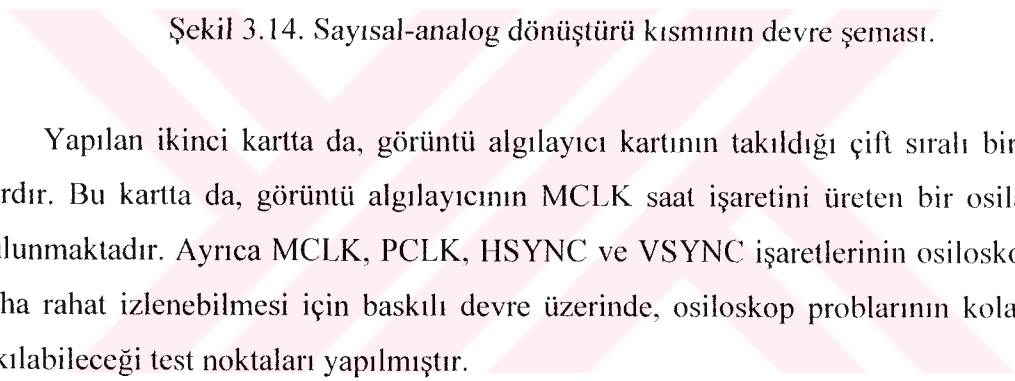
devrede de PIC18F452 mikrodnetleyicisi bulunmaktadır. Kartın mikrodnetleyici ile ilgili olan devre şeması Daha önceki devrede olduğu gibi, 40MHz frekanslı bir osilatör mikrodnetleyiciye saat işareti üretmektedir. Kartın mikrodnetleyici kısmının şeması Şekil 3.12.'de görülmektedir.



Şekil 3.12. Kamera kartı, mikrodnetleyici kısmı şeması.

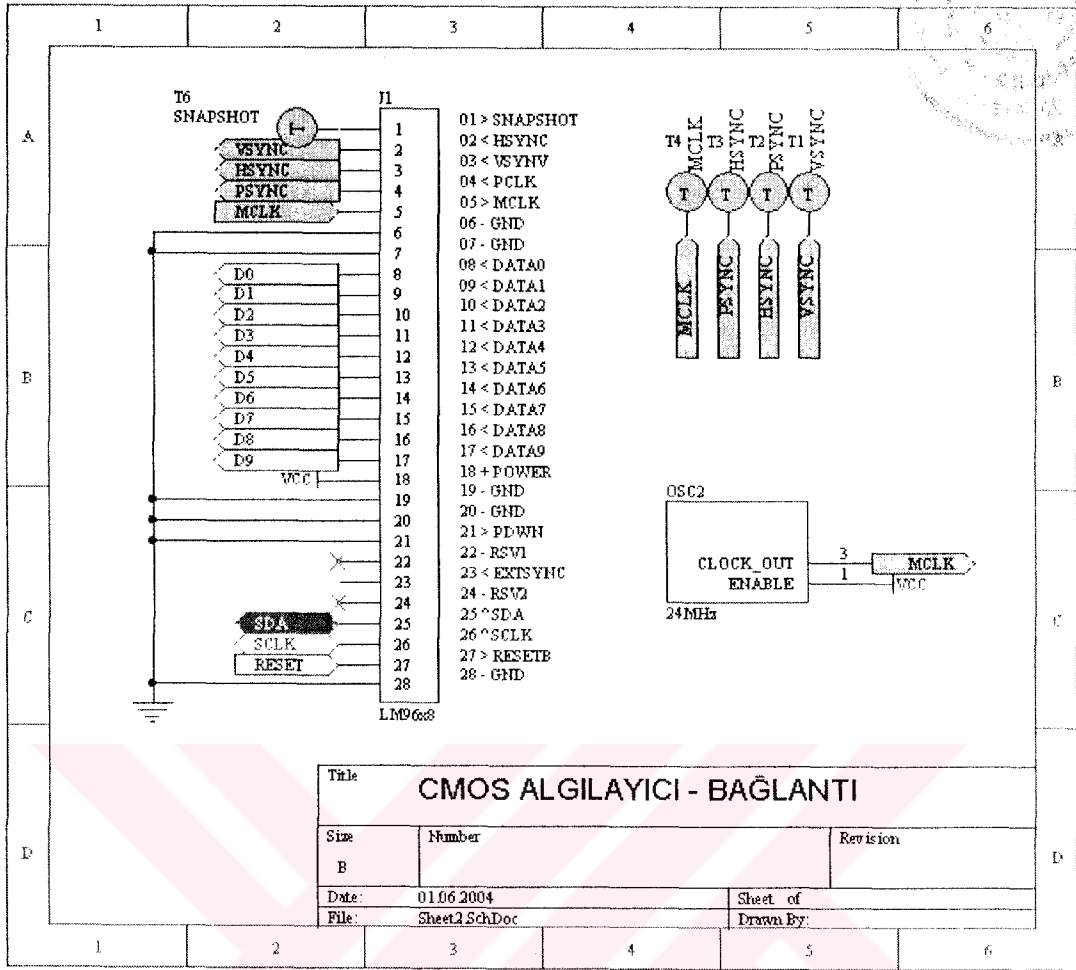
Bilgisayarla denetim amaçlı haberleşme yine RS232 ile sağlanmıştır. RS232 arayüzü devresinde MAX232 adlı RS232-TTL seviye dönüştürücü tümdevresi kullanılmıştır. Bu tümdevre, 0-3.3V veya 0-5V seviyesinde olan mikrodnetleyiciye ait seri veri alma gönderme işaretleri ile, mantıksal 1 seviyesinin -15Volt ile ve mantıksal 0 seviyesinin +15Volt ile ifade edildiği RS232 arayüzü arasında geçiş sağlar. MAX232 tümdevresine bağlı harici kondansatörler, tümdevrenin içindeki yük pompalarında kullanılır. Bu tümdevreler, tümdevrenin besleme geriliminden daha yüksek gerilim seviyelerinde olan artı ve eksi kutuplu RS232 gerilimlerini oluşturmakta kullanılır. Devrenin RS232 arayüzü şeması Şekil 3.13.'te görülmektedir. [MAX220-MAX249 Datasheet]





Yapılan ikinci kartta da, görüntü algılayıcı kartının takıldığı çift sıralı bir fiş vardır. Bu kartta da, görüntü algılayıcının MCLK saat işaretini üreten bir osilatör bulunmaktadır. Ayrıca MCLK, PCLK, HSYNC ve VSYNC işaretlerinin osiloskopa daha rahat izlenebilmesi için baskılı devre üzerinde, osiloskop problarının kolayca takılabileceği test noktaları yapılmıştır.

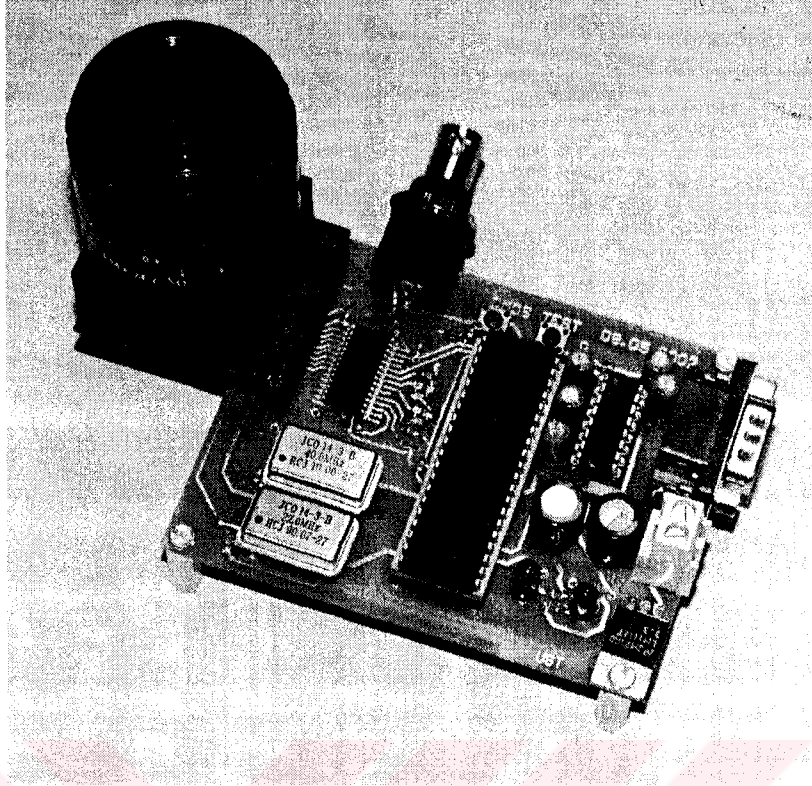
Görüntü algılayıcısının, açılışta resetlenmesi için gerekli olan reset işareti, mikrodenetleyiciyi resetleyen reset devresinden alınmıştır. Şekil 3.15'te algılayıcı kartın, ana karta bağlantı şeması görülmektedir.



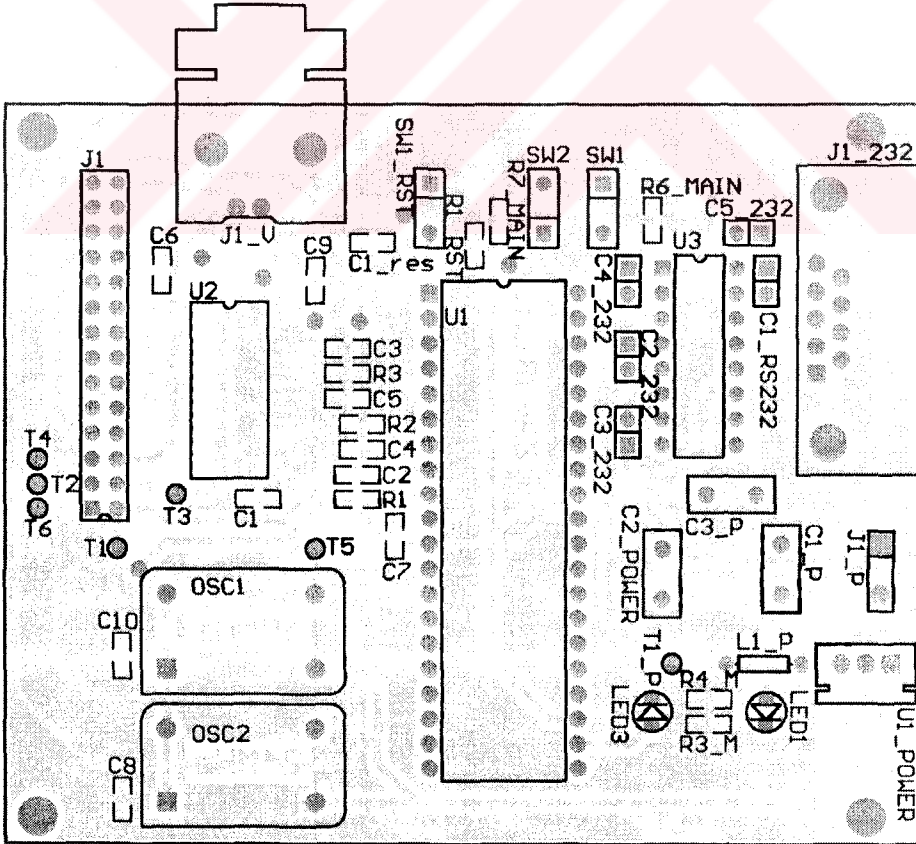
Şekil 3.15. Görüntü algılayıcı kartın bağlantı şeması.

Analog çıkışlı kartın üretiminden sonra montajda, ilk kartın montaj sırasına benzer bir sıra izlenmiş ve önce mikrodenetleyici, osilatörler ve voltaj regülatörü monte edilmiş, devrede elektriksel bir sorun olmadığı anlaşıldıktan sonra, sayısal-analog dönüştürücü monte edilmiş ve görüntü algılayıcı kart yerine takılmıştır.

Resim 3.4.'te yapılan ikinci kartın monte edilmiş ve görüntü algılayıcı kartın üzerine takılı olduğu haldeki görüntüsünün fotoğrafı görülmektedir. Şekil 3.16.'da ise bu kartın baskılı devre görüntüsü görülmektedir.

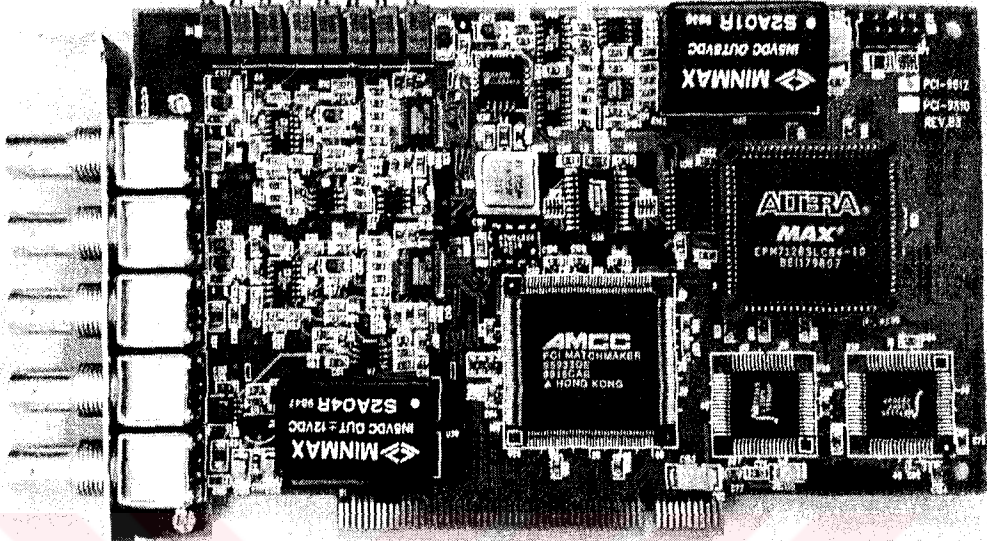


Resim 3.4. Kartın monte edilmiş halinin fotoğrafı.



Şekil 3.16. Sayısal-analog dönüştürücülü kartın baskılı devre görüntüsü.

Sayısal analog dönüştürücü ile elde edilen analog görüntü işareti, kamera arayüz kartı üzerindeki BNC bağlantı noktasına takılan eşeksenel ekranlı kablo ile kişisel bilgisayara aktarılmıştır.



Resim 3.5. PCI-9812 Analog-sayısal dönüştürücü kartın fotoğrafı.

PCI-9812, yüksek hızlı, 4 analog girişi kanalına ve bir tetikleme kanalına sahip, 12bit çözünürlüklü 32bit PCI arayüzü olan bir veri toplama kartıdır. PCI-9812'nin en yüksek örnekleme hızı saniyede 20 milyon örnektir. [PCI-9812 Manual]

PCI-9812, örnekleme sırasında, kendi üzerindeki 16384 örneklilik FIFO belleği kullanır. Yüksek hızlı analog sayısal dönüştürücüden alınan örnekler önce bu belleğe yazılır. FIFO'daki örnekler daha sonra bilgisayarın sistem belleğine doğrudan bellek erişimi kanalıyla aktarılır. PCI-9812'nin üzerinde çift tamponlu bellek olması, 16384 örnekten daha fazla örnek alınması durumunda, yüksek hızlarda dahi örnekleme işlemini durdurmadan çalışma olanağı sağlar.

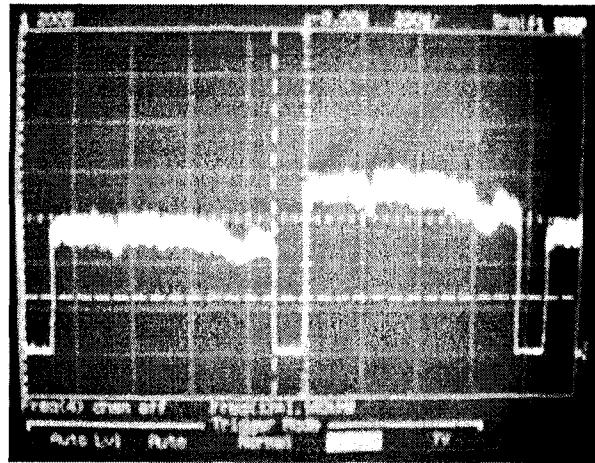
Sayısal analog dönüştürücünün çıkışındaki işaretin genliğinin, analog-sayısal dönüştürücü kartın kabul edebildiği sınırlar içinde olmasına dikkat edilmiştir. Analog sayısal dönüştürücü kartın, analog işareti örnekleme için kullandığı çevrim saati, kartın kendi üzerindeki saat üreticiden verilmiştir. Ancak örnekleme işleminin,

algılayıcının algıladığı görüntünün en başından sonuna kadar olabilmesi için, görüntü algılayıcı ile analog-sayısal dönüştürücü kart arasında bir eşzamanlama işareti kullanılması gerekmektedir. Eşzamanlama işareti olarak görüntü algılayıcının, her görüntü taramasında verdiği FrameClk sinyali kullanılmıştır.

Kişisel bilgisayar üzerinde çalışmakta olan görüntü yakalama yazılımı, önce analog-sayısal dönüştürücü kartın kanal ve saat seçimi gibi ayarlarını yapar. Daha sonra tetikleme kanalından örneklemeye başlama sinyali beklemeye başlar. Görüntü algılayıcı yeni bir kare görüntü almaya başladığında bir FrameClk sinyali verir. Bu sinyali algılayan kişisel bilgisayar, analog-sayısal dönüştürücü karta, örneklemeye başlama komutu verir.

Analog-sayısal dönüştürücü kart, yazılımın bilgisayarın belleğinde ayırmış olduğu bölgeye örnekleri doldurur. Örnekleme işlemi yazılımın, analog-sayısal dönüştürücü karttan istediği sayıda örnek alındıktan sonra durur.

Örnekleme işlemi bittikten sonra, belleğe alınmış örneklerin içerisinde satır verilerinin ayrıştırılması işlemi başlar. Delphi ile yazılmış olan PC yazılımında, PCI-9812 kartı ile bir dizi halinde hafızaya alınan görüntü verisi, normal görüntü verisinin hiç düşmediği bir eşik seviyesinin altına indiği satır geçişi anlatı bulunarak iki boyutlu görüntü verisine dönüştürülür. Şekil 3.17.'de osilosop ile alınmış sayısal-analog dönüştürücünün çıkış işareti görülmektedir. Ekranda 2 satırın parlaklık profili görüntülenmiştir.



Şekil 3.17. Sayısal-analog dönüştürücünün çıkışındaki görüntü işareti.

```

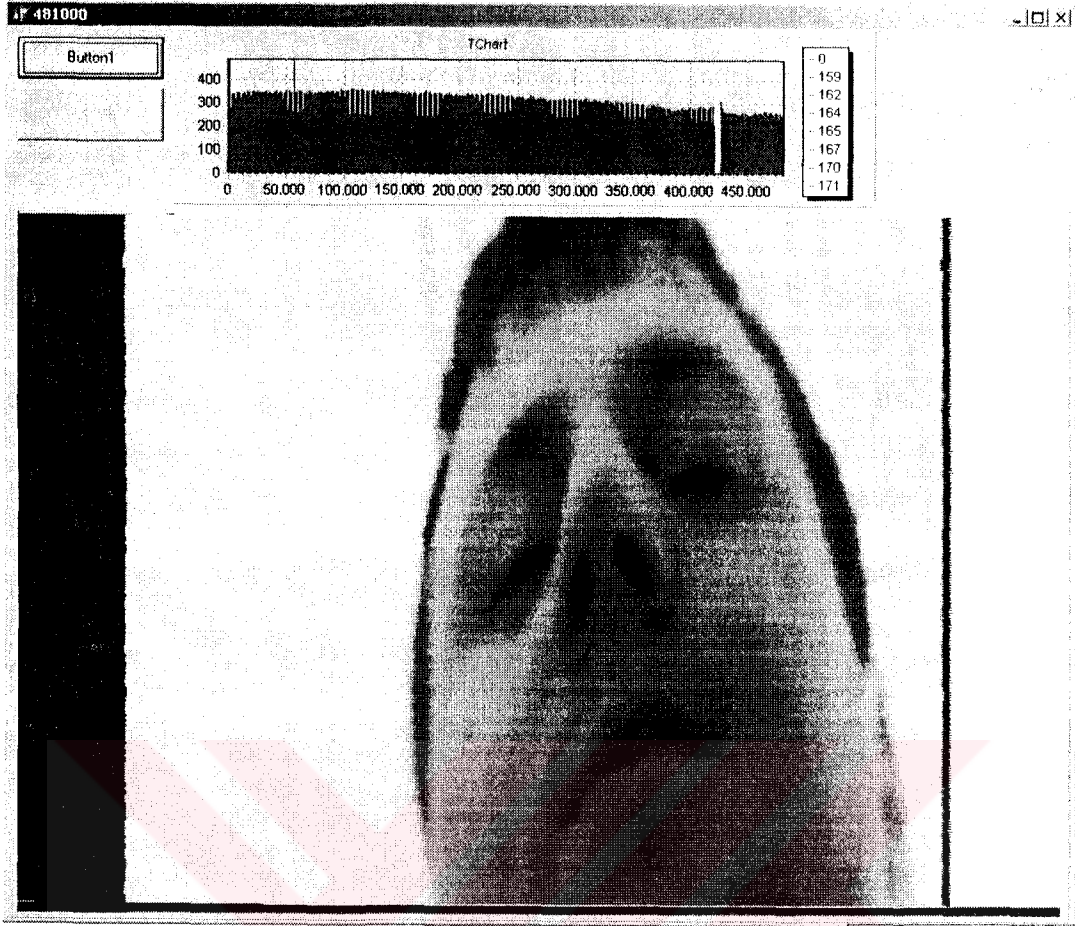
xx:=0; // sıfırıncı sütun
yy:=0; // sıfırıncı satır

ti:=0; // sıfırıncı örnek
while ti<481000 do // tampon sonuna kadar...
begin
    samp:=gnbuffer[ti]; // ti. Örneği al
    ti:=ti+1; // örnek indisini arttır.
    p:=image1.Picture.Bitmap.ScanLine[yy]; // ekranda görüntünün yy. satırı
    p[xx div 2]:=(samp div 2); // ekrana pikseli bas
    xx:=xx+2; // sütun indisini arttır

    if (samp<5) then // eğer örnek değeri eşikten küçükse
    begin
        if not nextline then
        begin
            xx:=0; yy:=yy+1; // bir sonraki satırın başına git
            nextline:=true;
        end;
    end
    else
        nextline:=false;
    end;
end;

```

Bu şekilde alınan 8bit görüntünün kontrastının iyileştirilmesi, görüntü algılayıcı üzerindeki yazmaçların, aydınlatma koşullarına uygun olarak ayarlanması ile yapılabilir. Bu şekildeki bir ayarlama ile daha görüntü alınırken, her pikselin değerinin, yüksek kontrastlı görüntü için gerektiği şekilde bazı işlemlerden geçirilmesi sağlanmış olur. veya bilgisayar üzerindeki yazılım da bu işlemleri yapabilir. Şekil 3.18.'de yapılan devre ve yazılımla alınan bir görüntü görülmektedir.



Şekil 3.18. Kamera ile elde edilen görüntü.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada sayısal kameralar ve getirdikleri avantajlar belirtilmiş, CMOS görüntü algılayıcıların genel özellikleri incelenmiş ve bir CMOS görüntü algılayıcısı ile gerekli devreler ve yazılımlar tasarlanarak kişisel bilgisayara görüntü aktarılmıştır.

Görüntü aktarımı için kullanılan yol, algılayıcıdan sayısal olarak alınan görüntü verisinin analog işarete dönüştürülmesi ve daha sonra, kişisel bilgisayarda bu analog işaretin tekrar sayısallaştırılması ve görüntüye çevrilmesidir. Görüntünün tamamen sayısal olarak aktarılması için, ya kişisel bilgisayara veri aktarım yolunun çok geniş bir bant genişliğine sahip olması ve kesintisiz olması gerekir.

Kullanılan görüntü algılayıcı 1.3 milyon piksele sahiptir ve saniyede 18 tam çerçeveye kadar görüntü verebilmektedir. Algılayıcının görüntü çıkışı 10bit olduğu için sıkıştırmasız bir aktarım formatında her piksel 2 bayt ile ifade edilebilir. Bu da algılayıcının yaklaşık 47MB/saniye hızda veri çıkışının olduğunu gösterir.

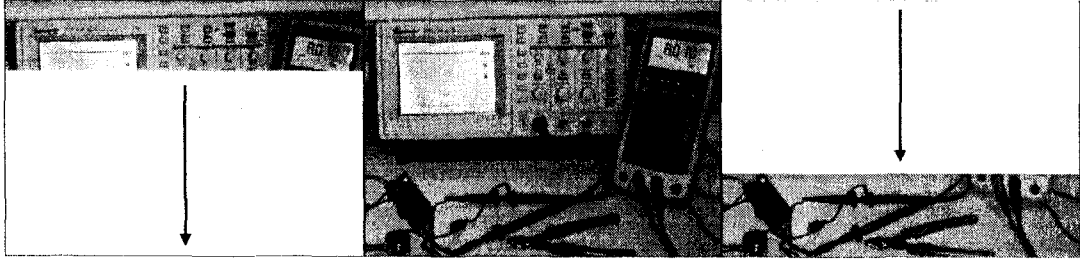
Günümüzde kullanılmakta olan USB2.0 seri veriyolu ile 480Mbit/saniye, yani 60MB/saniye hız öngörülmüştür. Ancak uygulamada anlık olarak 40MB/saniye hıza çıkılabilmektedir. Ayrıca USB, işlemci zamanına doğrudan bağlı olduğu için, bilgisayarın başka işlemler yapması durumunda hız düşmektedir. Tampon belleksiz bir devrede, veri aktarım hızı düştüğünde algılayıcının göndermiş olduğu veriler kaybolacaktır. Benzer şekilde FireWire (IEEE-1394) seri veriyolu 400Mbit/saniye bir hıza sahiptir ancak USB2.0'dan daha düşük bant genişliğine sahip olmasına rağmen, bu standart belli bazı çözünürlüklerdeki görüntüler için garantilenmiş çerçeve hızı sunar. USB ve FireWire seri veriyollarının sayısal kameralarda kullanımının avantajları, kişisel bilgisayar tarafına ek bir maliyet getirmemeleridir. USB, FireWire'a göre daha yaygın olarak kişisel bilgisayarlarda yer almaktadır. Ancak USB sayısal kameralarda, FireWire'da olduğu gibi standart görüntü formatı,

sürücü ve uygulama arayüzü yoktur. Her kamera üreticisi kendine özel sürücüler ve uygulama arayüzleri sunar.

Bu çalışmada tasarlanan kameranın endüstriyel, bilimsel ve askeri uygulamalarda verimli olarak kullanılması için, bilgisayara görüntü aktarımının yukarıda sözü edilen standartlardan biri ile yapılması uygun olacaktır. Ancak hangi yol seçilirse seçilsin, kameranın kendi üzerinde bir tampon bellek bulunması performans sorunlarını aşmaya yardımcı olacaktır. Eğer tam bir çerçeveyi alabilecek bir büyüklükte bir tampon bellek kullanılırsa, önce bu tampon bellek, algılayıcıdan sabit hızla gelen görüntü verisi ile doldurulup, daha sonra aktarım sırasında, bant genişliğine bağlı olarak veriler, istenilen hızda tampon bellekten okunabilir.

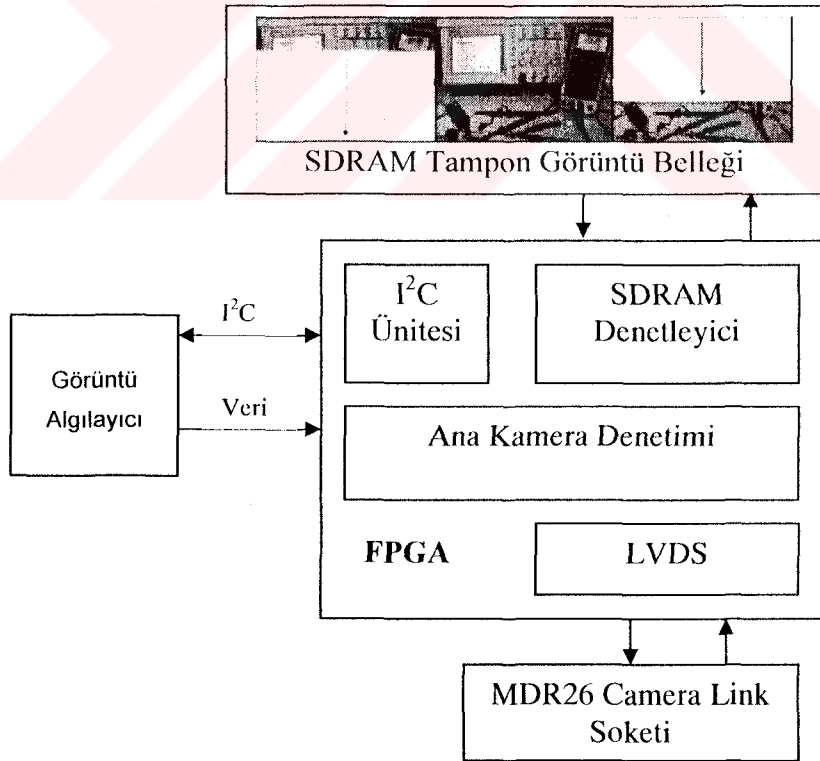
Kullanım kolaylığı açısından FIFO (ilk giren ilk çıkar – First In-First Out) bellekler bu amaçla kullanılmaya uygundur. Ancak 1.3Mpiksel x 16bit görüntü verisini saklayacak büyüklükte ve hızda bir FIFO bellek, kameranın maliyetini çok fazla yükseltecektir. Ayrıca, performansı daha da arttırmak için çift tamponlu bir yapı kullanılarak, bir tampona görüntü verisi doldurulurken, diğer tampondan okunması durumunda, iki kat daha fazla belleğe ihtiyaç olacaktır. Bu yüzden, kişisel bilgisayarlarda da çok yaygın bir şekilde kullanılan, hızlı ve ucuz olan SDRAM (eşzamanlamalı dinamik RAM) daha uygun bir alternatif olabilir. SDRAM yapısından dolayı, FIFO belleklere göre daha karmaşık bir kullanıma sahiptir, ancak birçok gelişmiş gömülü mikroişlemcide dahili SDRAM denetleyicisi olduğu gibi, bir FPGA içerisinde gerçekleştirilmiş bir SDRAM denetleyicisi de kullanılabilir. Bir SDRAM denetleyicisi, SDRAM'ın çalışması için gerekli işaretleri üretir, veri yazma ve okuma için gerekli adresleme işlemlerini yapar. Yüksek kapasiteli SDRAM'lar yeterince ucuz ve hızlı olduğundan, performansı arttırmak için üç tamponlu görüntü belleği kullanılabilir. Üç tamponlu görüntü belleği, üç tam çerçeve görüntüyü alacak büyüklüktedir. Birinci tampona, görüntü algılayıcıdan veya varsa görüntü ön-işlemcisinden gelen görüntü verisi yazılırken, ikinci tamponda, bir önceki alınan çevreye yer alır. Üçüncü tamponda ise o anda aktarılmakta olan görüntü vardır. Üçüncü tampon boşalınca, ikinci tampon gönderilmeye başlanır, bu esnada, birinci tampon yeni çerçevenin verisiyle dolmuş olur ve yeni gelen veriler, boşalmış olan üçüncü tampona yazılmaya başlanır. Bu tip bir çok tamponlu yapı, görüntü aktarımı

sırasında, bant genişliğinin düştüğü anlarda, sabit çerçeve hızını aktarmayı garanti almak için kullanılır.



Şekil 4.1. Üç aşamalı tampon görüntü belleği.

Camera Link görüntü aktarım standardının kullandığı LVDS teknolojisi artık yüksek bazı hızlı FPGA tümdevrelerde, kart üzerinde çevre birimlerle hızlı bir şekilde haberleşme için tümleşik olarak bulunmaktadır. Ayrıca, görüntü algılayıcıyı denetleyecek basit bir mikrodenetleyici ve I²C ünitesi de FPGA içerisinde gerçekleştirilebilir. Şekil 4.2.'de FPGA tabanlı bir Camera Link sayısal kameranın blok şeması görülmektedir.



Şekil 4.2. FPGA ve SDRAM tabanlı bir CMOS kameranın blok şeması.

Camera Link ise, sayısal kameralardan kişisel bilgisayarlara görüntü aktarımı için iyi bir seçenektir. Özellikle yüksek çözünürlüklü ve yüksek hızlı kameraların görüntü aktarımı için kullanıldığında verimli bir standarttır.

Yüksek kapasiteli bir FPGA tümdevresi ile, bir sayısal kamera üzerinde ön görüntü işleme, tampon bellek yönetimi ve haberleşme denetimlerini düşük maliyetlerle gerçekleştirmek mümkündür.

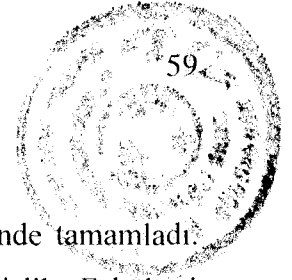
Bu çalışmada, görüntü algılayıcı deneysel amaçlar için kullanılabilecek şekilde çalıştırılmış ve görüntü alınmıştır. Sistemi, sahada kullanılabilecek bir hale getirilmesi için yukarıda belirtilen geliştirmeler yapılabilir.



KAYNAKLAR

1. Vogelsong, T.L. and Zarnowski, J. , 2002, Advances in Digital Image Sensors, First Annual New York State Conference on Microelectronic Design, New York, USA.
2. Dierickx, B. , 2000, Short Course CMOS Image Sensors, Photonics West.
3. Böhm, M. , 2000, Imagers Using Amorphous Silicon Thin Film on Application Specific Integrated Circuit Technology, Journal of Non-Crystalline Solids.
4. Xiangliang, J. and Yulin Q. , Sensitivity and Photodetector Considerations for CMOS imager Sensor, Microelectronics Research and Development Center of the Chinese Academy of Sciences.
5. Anderson, D. , FireWire System Architecture: IEEE 1394a, 1999 1394 Trade Association, IIDC 1394-based Digital Camera Specification: Version 1.30, Released 25 July 2000.
6. Hospod, T. , Imaging with Camera Link, Vision Systems Design, May 2002.
7. Camera Link, Specifications of the Camera Link Interface Standard for Digital Cameras and Frame Grabbers, Pulnix America Inc., October 2000.
8. LM9638 SXGA Monochrome CMOS Image Sensor Datasheet, National Semiconductor, v1.7, March 2004.
9. PIC18FXX2 Datasheet, 2001 , Microchip.
10. LM9638 Camera Headboard, September 2002, National Semiconductor.
11. MAX220–MAX249 Datasheet Rev.11, February 2002, Maxim.
12. PCI-9812 Manual, March 1998, ADLink Technology Inc.

ÖZGEÇMİŞ



1978 yılında Kocaeli’nde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli’nde tamamladı. Üniversite eğitimine 1997 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde başladı. 2001 yılında TÜBİTAK UEKAE’de yarı zamanlı olarak ve mezun olduktan sonra tam zamanlı olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.



EK 1.

LM9638 Görüntü Algılayıcısının Yazmaçları

Aygıt Kimlik Yazmacı
(DEVID)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	DevId	Algılayıcının aygıt kimliği

Sürüm Numarası (REV)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	SiRev	Aygıtın 8 bitlik sürüm bilgisidir.

Saat Üretme Yazmacı
(VCLKGEN)

Bit	Simge	Açıklama
7:3		Kullanılmıyor
2:1	HclkGen	Algılayıcının ana saat girişi olan mclk bacağına girilen işareti bölerek hclk işaretinin üretilmesi için kullanılır. 00 : +1 01 : +2 (varsayılan) 10 : +4 11 : +6
0		Kullanılmıyor

Kapatma ve Sıfırlama
Yazmacı (PWD&RST)

Bit	Simge	Açıklama
7:2		Kullanılmıyor
1	SenReset	Bu kendinden sıfırlanan biti 1 yapmak algılayıcıyı sıfırlar.

I²C Ayarı Yazmacı
(I2CMODE)

Bit	Simge	Açıklama
7:1	I2cDecAddr	Algılayıcının I ² C arayüzünde kullanacağı adresi programlamak için kullanılır. Varsayılan değeri (55) ₁₆ dır.
0	AdvWr	Bu biti 1 yapmak algılayıcının I ² C arayüzünün ileriye dönük yazma özelliğini devreye alır. İleriye dönük yazma özelliği sayesinde, birden fazla adrese, arayüz tekrar başlatılmadan yazma yapılabilir. Bu bitin varsayılan değeri 0'dır yani algılayıcının I ² C arayüzünün ileriye dönük yazma özelliği, açılışta devre dışıdır.

**Çalışma Denetim
Yazmacı (OPCTRL)**

Bit	Simge	Açıklama
7:3		Kullanılmıyor
3	LowLight	Bu biti 1 yapmak, düşük ışık durumları için analog kazanç yüksekçeğerlerini yüksek kazanç biçimine sokar.
2	MasterMode	Bu bitin 1 yapılması, algılayıcının sayısal video portunun eşzamanlı işaretleşmesini yönetici durumda yapmasını sağlar.
1		Kullanılmıyor
0	RstzSoft	Bu biti 1 yapmak, dahili zamanlama ve denetim devresini sıfırlar.

**Video Biçim Yazmacı
(VIDCONFIG)**

Bit	Simge	Açıklama
7:1		Kullanılmıyor
0	Color	LM9648 görüntü algılayıcısında bu biti 1 yapmak, algılayıcının sayısal video portunun renkli biçimde çalışmasını sağlar.

**Düşey Tarama Yazmacı
(VSCAN)**

Bit	Simge	Açıklama
7:3		Kullanılmıyor
2	VscanDir	1 : Algılayıcının düşey tarama yönü yukarıdan aşağıya doğru. 0 : Algılayıcının düşey tarama yönü aşağıdan yukarıya doğru.
1	VSub	1 : Düşey yarı-çözünürlük etkin 0 : Düşey yarı-çözünürlük etkin değil.
0	VAvg	1 : Düşeyde ortalama alma etkin 0 : Düşeyde ortalama alma etkin değil. VAvg biti, VSub biti 0 iken etkisizdir.

**Yatay Tarama Yazmacı
(HSCAN)**

Bit	Simge	Açıklama
7:3		Kullanılmıyor
2	HScanDir	1 : Algılayıcının yatay tarama yönü soldan sağa doğru. 0 : Algılayıcının yatay tarama yönü sağdan sola doğru.
1	HSub	1 : Yatay yarı çözünürlük etkin. 0 : Yatay yarı çözünürlük etkin değil.
0	HAvg	1 : Yatayda ortalama alma etkin. 0 : Yatayda ortalama alma etkin değil.

**Entegrasyon Süresi
Ayarlama Yazmacı
(ITIMECONFIG)**

Bit	Simge	Açıklama
7:4		Kullanılmıyor
3	PrtFrmEn	1 : Kısmi görüntü alma etkin. 0 : Tüm algılayıcı görüntü algılamak için kullanılır.
2:0		Kullanılmıyor

**Etkin Pencere
Başlangıç Satırı
Yazmacı (WROWS)**

Bit	Simge	Açıklama
7:0	WstartRow [10:3]	Kısmi görüntü almak için tanımlanan pencerenin başlangıç satırı adresinin üst bitleri.

Etkin Pencere Bitiş
Satırı Yazmacı
(WROWE)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	WendRow [10:3]	Kısmi görüntü almak için tanımlanan pencerenin bitiş satırı adresinin üst bitleri.

Etkin Pencere Satırları
Yazmacı - Düşük
Anlamli Bitleri
(WROWLSB)

Bit	Simge	Açıklama
7:6		Kullanılmıyor
5:3	WstartRow [2:0]	Etkin görüntü penceresinin başlangıç satır adresinin düşük anlamli bitleri.
2:0	WendRow [2:0]	Etkin görüntü penceresinin bitiş satır adresinin düşük anlamli bitleri.

Etkin Pencere
Başlangıç Sütunu
Yazmacı (WCOLS)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	WStartCol [10:3]	Kısmi görüntü almak için tanımlanan pencerenin başlangıç sütunu adresinin üst bitleri.

Etkin Pencere Bitiş
Sütunu Yazmacı
(WCOLE)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	WendCol [10:3]	Kısmi görüntü almak için tanımlanan pencerenin bitiş sütunu adresinin üst bitleri.

Etkin Pencere Sütunları
Yazmacı -Düşük
Anlamli Bitleri
(WCOLLSB)

Bit	Simge	Açıklama
7:6		Kullanılmıyor
5	WStartCol [2]	Etkin görüntü penceresinin başlangıç satır adresinin 2 numaralı biti. Bit 0 ve Bit 1 dahili olarak 0'a bağlanmıştır.
4:3		Kullanılmıyor
2:0	WColEnd [2:0]	Etkin görüntü penceresinin başlangıç satır adresinin düşük anlamli bitleri.

Çerçeve Gecikmesi
Yazmacı - Yüksek
Anlamli Bitleri
(FDELAYH)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	Fdelay[14:7]	Çerçeve gecikmesinin yüksek anlamli bitleri. Çerçeve gecikmesinin en yüksek değeri 32767 olabilir.

Çerçeve Gecikmesi
Yazmacı - Düşük
Anlamli Bitleri
(FDELAYL)

Bit	Simge	Açıklama
7		Kullanılmıyor
6:0	Fdelay[6:0]	Çerçeve gecikmesinin düşük anlamli bitleri

Satır Gecikmesi
Yazmacı - Yüksek
Anlamli Bitleri
(RDELAYH)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	Rdelay [12:5]	Satır gecikmesinin yüksek anlamli bitlerini ayarlamak için kullanılır.

Satır Gecikmesi
Yazmacı - Düşük
Anlamli Bitleri
(RDELAYL)

Bit	Simge	Açıklama
7:5		Kullanılmıyor
4:0	Rdelay [4:0]	Satır gecikmesinin düşük anlamli bitlerini ayarlamak için kullanılır.

Entegrasyon Süresi
Yazmacı - Yüksek
Anlamlı Bitleri (ITIMEH)

Bit	Simge	Açıklama
7:4		Kullanılmıyor
3:0	ltime[10:7]	Görüntü algılayıcının entegrasyon süresini ayarlamak için kullanılır.

Entegrasyon Süresi
Yazmacı - Düşük
Anlamlı Bitleri (ITIMEI)

Bit	Simge	Açıklama
7		Kullanılmıyor
6:0	ltime[6:0]	Görüntü algılayıcının entegrasyon süresini ayarlamak için kullanılır.

Şipşak Modu
Konfigürasyon Yazmacı
(SNAPMODE)

Bit	Simge	Açıklama
7:6		Kullanılmıyor
5	SnapEnable	Bu bitin değerinin 1 olması görüntü algılayıcıyı şipşak (snapshot) moduna sokar. 0 yazılması durumunda ise algılayıcı akıcı video modunda çalışır.
4	Snapshot Mod	Bu bitin değerinin 1 yapılması durumunda, algılayıcı, snapshot bacağı gelen her darbe sinyali için bir çerçeve görüntü alır. 0 yazılması durumunda ise, algılayıcı, snapsot bacağındaki sinyal etkin seviyede olduğu sürece, ard arda görüntüler alır.
3	ShutterMode	Bu bitin değerinin 1 olması, algılayıcının şipşak modunda iken, harici shutter kullanmasını sağlar. Algılayıcıya besleme verilip çalıştırıldığı anda bu bitin varsayılan değeri olan 0 değeri ise harici shutter'ın kullanılmayacağını belirtir.
2:0	SsFrames	Harici shutter kullanılmazken, şipşak modunda, görüntü okunmadan önce kaç çerçeve görüntü geçmesinin gerektiğini belirtir. (000) ₈ değeri, 1 çerçeve geçmesi gerektiği anlamına gelir. Varsayılan değer olan (111) ₈ değeri, 8 çerçeve geçmesi gerektiğini belirtir. 000 : 1 çerçeve 001 : 2 çerçeve 010 : 3 çerçeve 011 : 4 çerçeve 100 : 5 çerçeve 101 : 6 çerçeve 110 : 7 çerçeve 111 : 8 çerçeve

Şipşak Modu
Entegrasyon Süresi
Yazmacı -Yüksek
Anlamlı Bitleri
(SNAPITH)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	SnapIT [14:7]	Şipşak modunda, görüntü yakalama süresini ayarlamak için kullanılır.

Şipşak Modu
Entegrasyon Süresi
Yazmacı -Düşük
Anlamlı Bitleri
(SNAPITL)

Bit	Simge	Açıklama
7		Kullanılmıyor
6:0	SnapiT[6:0]	Şipşak modunda, görüntü yakalama süresini ayarlamak için kullanılır.

Siyah Seviyesi
Konfigürasyon Yazmacı
(BLKLEVCONFIG)

Bit	Simge	Açıklama
7:4		Kullanılmıyor
3	BlkLevEn	Bu bitin varsayılan değeri 1'dir. Bu bite yazılan 1 değeri algılayıcının dahili siyah seviyesi düzeltme devresini kapatır. 0 yazılması durumunda ise bu devre çalışmaya başlar.
2:0	BlkRate	Bu üç bitin değeri, otomatik siyah seviyesi ayarlama devresinin, BLKTARGET yazmacı ile programlanan hedef siyah seviyesine ne hızda yakınsamaya çalışacağını ayarlar.

Referans Siyah
Seviyesi Yazmacı
(BLKTARGET)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	BlkRef	Hedeflenen siyah seviyesinin değerini programlamak için kullanılır.

Programlanabilir
Kazançlı Yükselteç
Yazmacı (PGA)

Bit	Simge	Açıklama
7		Kullanılmıyor
6:0	PGA	Bu bitlerin değeri, programlanabilir kazançlı analog yükseltecin kazancını 0.125dB'lik 128 adım ile 16dB'e kadar programlamak için kullanılır.

Ofset Yazmacı
(OFFSET)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	Offset	Hedeflenen siyah seviyesini elle programlamak için kullanılır.

Düşey Eşzamanlama
Yazmacı
(VSYNCADJUST)

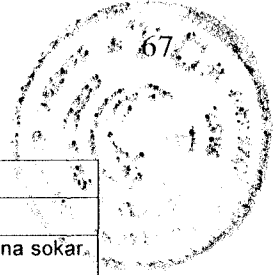
Bit	Simge	Açıklama
7:5		Kullanılmıyor
4:0	VsyncEnd	Normalde, darbe modunda olan algılayıcı, her çerçevenin alınması tamamlandığında, vsync işaretini 4 pclk çevrimi kadar etkinleştirir. Algılayıcı seviye moduna alındığında ise, vsync işareti, çerçeve gecikme süresi kadar etkin durumda kalır. VsyncEnd bitleri ile vsync işaretinin, çerçeve sonunda kaç pclk çevrimi kadar etkin olmayan durumda kalacağını belirler. 00000 : vsync darbesi yok 00001 : -7 pclk çevrimi .. 00111 : -1 pclk çevrimi 01000 : bekleme yok 01001 : +1 pclk çevrimi .. 11111 : +24 pclk çevrimi

Yatay Eşzamanlama
Yazmacı
(HSYNCADJUST)

Bit	Simge	Açıklama
7:4		Kullanılmıyor
3:0	HsyncEnd	Darbe modunda her satırın sonunda, hsync işaretini 4 pclk çevrimi kadar etkinleştirilmesini sağlar. Algılayıcı seviye moduna alındığında ise, hsync sinyali, satır gecikme süresi boyunca etkin durumda kalır. HsyncEnd bitleri ile hsync işaretinin, çerçeve sonunda kaç pclk çevrimi kadar etkin olmayan durumda kalacağını belirler. 0000 : hsync darbesi yok 0001 : -7 pclk çevrimi .. 0111 : -1 pclk çevrimi 01000 : bekleme yok 1001 : +1 pclk çevrimi .. 1111 : +8 pclk çevrimi

Eşzamanlama Ayar
Yazmacı
(DVBUSCONFIG0)

Bit	Simge	Açıklama
7:4	VsyncStart	Normalde, darbe modunda olan algılayıcı, her çerçevenin alınması tamamlandığında, vsync işaretini 4 pclk çevrimi kadar etkinleştirir. Algılayıcı seviye moduna alındığında ise, vsync işareti, çerçeve gecikme süresi kadar etkin durumda kalır. VsyncEnd bitleri ile vsync işaretinin, çerçeve sonunda kaç pclk çevrimi kadar etkin durumda kalacağını belirler. 0000 : 0 pclk çevrimi .. 1111 : +15 pclk çevrimi
3:0	HsyncEnd	Darbe modunda her satırın sonunda, hsync işaretini 4 pclk çevrimi kadar etkinleştirilmesini sağlar. Algılayıcı seviye moduna alındığında ise, hsync sinyali, satır gecikme süresi boyunca etkin durumda kalır. HsyncEnd bitleri ile hsync işaretinin, çerçeve sonunda kaç pclk çevrimi kadar etkin durumda kalacağını belirler. 0000 : 0 pclk çevrimi .. 1111 : -15 pclk çevrimi



Polarite Ayar Yazmacı
(DVBUSCONFIG1)

Bit	Simge	Açıklama
7		Kullanılmıyor
6	PixCikMode	Bu bitin 1 değeri, pclk işaretini veri hazır moduna sokar. 0 değeri ise, pclk işaretini serbest çalışma moduna sokar.
5	VsyncMode	Bu bite 1 yazılması, vsync işaretini, darbe moduna sokar. 0 değeri yazılırsa, vsync işareti seviye modunda çalışır.
4	HsyncMode	Bu bite 1 yazılması durumunda hsync işareti, her satır sonunda en az 4 pclk çevrimi kadar uzunlukta bir darbe verir. 0 değeri yazılırsa, hsync işareti, hsync işareti bir satır boyunca etkin durumda kalır.
3	ExtSynPol	Harici eşzamanlama işareti olan extsync işaretinin polaritesini seçmek için kullanılır.
2	SnapShotPol	Algılayıcının, snapshot girişinin polaritesini seçmek için kullanılır. 1 değeri, 0'dan 1 seviyesine geçişi seçer, 0 değeri ise 1'den 0 seviyesine geçişi seçer.
1	VsynPol	Vsync işaretinin, seviye modunda bir çerçevenin okunması süresince 0 seviyesinde kalması veya darbe modunda, her çerçeve sonunda pozitif seviyeli bir darbe vermesi için bu bitin değeri 1 olmalıdır. 0 değeri ise, seviye modunda, bir çerçeve boyunca vsync işaretinin 1 seviyesinde kalmasını veya darbe modunda, her çerçeve sonunda vsync işaretinin negatif bir darbe vermesini sağlar.
0	HsynPol	Seviye modunda, hsync işaretinin bir satırın okunması süresince 0 seviyesinde kalması için veya darbe modunda, her satırın sonunda pozitif bir HsynPol darbesi verilmesi için HsynPol biti 0 yapılmalıdır. HsynPol biti 1 yapılırsa, algılayıcı seviye modundayken bir satır boyunca hsync işaretinin 1 seviyesinde kalır veya darbe modunda, her satır sonunda negatif bir darbe verir.

Video Çıkışı Ayar
Yazmacı
(DVBUSCONFIG2)

Bit	Simge	Açıklama
7	OutputEn	OutputEn bitinin 0 yapılması, algılayıcının tüm veri ve denetim çıkışları devre dışı kalır ve 1 seviyesine çekilir. Bu bitin 1 yapılması ise çıkış işaretlerini etkinleştirir.
6	BlkPixelEn	Bu bit ile algılayıcının siyah pikselleri görüntüye dahil edilir veya maskelenir.
5	PixClkPol	Algılayıcının piksel saati çıkışının, düşen kenarda mı, yükselen kenarda mı aktif olacağını programlamak için kullanılır.
4	PixDatEdge	Algılayıcının veri çıkışının piksel saatine göre ne şekilde olacağını ayarlamak için kullanılır. 1 değeri, veri çıkışının, pclk işaretinin pozitif kenarında etkin olmasını, 0 değeri ise negatif kenarında etkin olmasını sağlar.
3:0	Bshift[3:0]	Algılayıcının analog-sayısal dönüştürücüsünün çıkışının, veri çıkış bacaklarına ne şekilde aktarılacağını belirler.

Video Çıkışı Yüksek
Empedans Ayar
Yazmacı
(DVBUSCONFIG3)

Bit	Simge	Açıklama
7:5		Kullanılmıyor
4	Tristate	Algılayıcının çıkışlarını 3 durumlu yapmak için kullanılır.
3:0		Kullanılmıyor

Başlatma Yazmacı
(INITREG1)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	PixCal	Bu yazmaca 5 değeri yazmak, algılayıcının piksel ofset kalibrasyon devrelerini etkinleştirir. Bu yazmaç, sadece INTREG2 yazmacının değeri 1 iken erişilebilir durumdadır. Piksel ofset kalibrasyon işlemi sonrasında PixCal yazmacının değeri 0 yapılmalıdır.

Piksel Ofseti Yazmacı
(PIXELOFFSET)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	PixelOffset	Algılayıcının piksel ofsetini ayarlamak için kullanılır.

Düşük Enerji Tüketimi
Denetim Yazmacı
(POWCTRL)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	Patrol	Algılayıcı kullanılmadığı zaman tükettiği enerjiyi en aza indirmek için bu yazmaca 130 değeri yazılmalıdır. Daha sonra, düşük enerji tüketimi modundan çıkmak için bu yazmaca 134 yazılmalıdır.

Başlatma Yazmacı-2
(INITREG2)

Bit	Simge	Açıklama
7:0	Int2	Bu yazmaca 1 yazılması, algılayıcının başlangıç yazmaçlarını etkinleştirir. Bu yazmaç, algılayıcının piksel dizisinin ofset düzeltilmesi için ve algılayıcının düşük enerji tüketimi moduna sokulup çıkarılması için kullanılır.