

STAJ RAPORU



EKREM CAĞLAR
9702EE032
ELEKTRONİK

Pratik çalışmanın yapıldığı,

KURUM: PROFİLO TELRA A.Ş

BİRİM : ARGE (Araştırma Geliştirme)

TARİH: 28.08.2000 - 29.09.2000

Kurum adresi ve telefon numarası,

**Cemal Sahir Sok.
No: 26-28 80470
Mecidiyeköy- İstanbul/Turkey**

**Tel: +90-212-274 75 12
Fax: +90-212-211 21 10**

Kurum onayı,



HAFTALIK ÇALIŞMA PLANI

TARİH	KONU	KURUM ONAYI
1. HAFTA 28.08.2000 01.09.2000	Televizyon genel olarak, tüm gelişmiş elektronik aletler gibi iki kısımdan oluşur. Analog kısım ve dijital kısım. Dijital kısım IC (integrated circuit) lerle sağlanır. Eğer birden çok IC söz konusu ise bunlar arasındaki haberleşme ve iletişim BUS adı verilen veri yolları ile sağlanır. İlk haftamda profilo televizyonlarda kullanılan I²C BUS veri yolunun temel kurallarını tanıdım ve öğrendim.	
2. HAFTA 04.09.2000 08.09.2000	İkinci hafta Profilo Telra A.Ş nin Tekirdağ Çerkezköy deki fabrikasına gezmeye götürüldük. Burada baştan sona bir televizyonun tüm üretim safhalarını gördük ve her safhadaki prosedürleri konunun uzmanından ayrıntılarıyla dinledik. Ayrıca burda elektronik mühendisliği ve Profilo Telra konulu seminere katıldık. Burda elektroniği meslek olarak seçerken ne kadar isabetli bir tercih yaptığımı anladım.	
3. HAFTA 11.09.2000 15.09.2000	I²C BUS veri yolunun genel özelliklerini öğrendikten sonra sıra gelmişti konunun dataylarına. Üçüncü haftamda I ² C bus ta bilgi transferinin nasıl gerçekleştiği ve her bir aracın nasıl adreslendiği üzerine çalıştım. Genel olarak iki çeşit adresleme formatı mevcuttur; 7-bit adresleme ve 16- bit adresleme. Ben daha basit olduğu için 7-bit adreslemeyi öğrendim.	
4. HAFTA 18.09.2000 22.09.2000	Dördüncü ve son haftamda öğrendiğim tüm teorik bilgilerin küçük bir uygulaması olarak örnek bir I ² C bus devresi üzerinde çalıştım. Örnek devrem Philips' in SAA1064 entegre çipini kullanan 4 basamaklı bir LED görüntüleyici devreydi. Bu örnek devrem ile uğraşırken I ² C protokolünü daha yakından tanıdım.	

ÖNSÖZ

Pofilo Telra, yazarkasa, elektronik terazi, çanakanten ve fax makinası üretmesinin yanında asıl üretimi televizyon üzerinedir. Günlük hayatımızın ayrılmaz bir parçası olan televizyon bugün sadece görüntü ve ses naklini sağlayan bir alet olmaktan çıkmış özellikle internetin bu denli yaygınlaşmasının ardından çok daha fazla işlevlik kazanmıştır. Örneğin günümüz televizyonları internete bağlanıp bir çok işlevi yerine getirebilmekte, izlemek istediğimiz programları bizim yerimize takip edebilmekte hatta reklamını izlediğimiz bir ürünü televizyon üzerinden satın almak bile mümkün olabilmektedir. Tüm bu gelişmeler dijital elektronğin televizyon teknolojisine girmesiyle olmuştur. Dijital teknolojiye gelişmelere paralel olarak gelecekte televizyonlarımız bugün bilgisayarlarımızın yaptıklarını ve çok daha fazlasını yapabilecektir. Bu durumda ARGE (Araştırma Geliştirme) mühendislerinin üzerinde yoğunlaştıkları konunun dijital dizayn ve dijital teknolojiler olması çok doğaldır.

Bende stajım süresince dijital elektronik üzerine çalıştım ve Profilo firmasının sistemlerinde kullandığı, günümüzün en popüler veri yollarından I²C bus üzerinde araştırma ve incelemeler yaptım. Bu veri yolunun karakteristik özelliklerini öğrendikten sonra öğrendiğim teorik bilgilerin uygulaması olarak örnek bir I²C bus devresi üzerinde çalıştım.

Ayrıca Çerkezköy' deki fabrikaya yaptığımız gezide bir televizyonun en gelişmiş teknolojiler kullanılarak nasıl üretildiğini gördüm. Her üretim aşamasında o bölümün en bilgili kişisinden o aşamadaki prosedürleri dinledim. Gezinin sonunda artık üretim teknolojileri konusunda oldukça deneyimliydim. Yine gezinin ardından elektronik mühendisliği ve Profilo Telra konulu bir seminere katıldım. Burda Profilo Telra A.Ş nin tanıtımını, organizasyon yapısını ve aktivitelerini müdür yardımcısı Nazım beyin ağzından dinledim. Nazım bey ayrıca internetin yaygınlaşmasının ardından elektronik mühendisliği mesleğinin nasıl etkilendiğine ve günümüz mühendislerinin durumuna değindi.

Son olarak dizayn edilen elektronik devrelerin gerçek dünyaya aktarımını sağlayan bilgisayar simulasyon programı PCAD üzerinde çalıştım ve ana hatlarıyla bu programı kullanmasını öğrendim.

Ama tüm bu pratik bilgilerin ötesinde 20 gün boyunca bence öğrendiğim en önemli şey çalışma disiplini, iş paylaşımı ve planlı, projeli çalışmanın önemi oldu. Ve bir kere daha anladımki kendime en uygun mesleği seçmişim.



PROFİLO TELRA A.Ş.

Profilo Telra A.Ş. 1972 yılında profilo Holding yapısında kuruldu. Üretimine siyah beyaz televizyon ile başlayan Telra müşterilerinin talepleri doğrultusunda üretim yelpazesini genişletti ve 1989 yılıyla beraber Avrupa ya renkli televizyon ithalatına başladı.

Bugün Telra renkli televizyon, video, müzik seti, DVD player, yazarkasa, elektronik terazi, fax makinası ve çanakanten üretmektedir. Yazarkasa ve elektronik terazide pazarın tek lideridir. Asıl üretimi televizyon üzerine olan Telra yılda yaklaşık 2 000 000 tv üretir. Bunun yaklaşık 1 500 000 u Avrupa da pazara sunulur. En büyük müşterisi Almanyadır. Bunun yanında Telra yılda 200 000 yazarkasa, 170 000 müzik seti, 75 000 elektronik terazi üretir. Telranın yıllık ortalama satışı 250 000 000 USD dir.

Telra üretimini İstanbul a 125 km uzaklıktaki Çerkezköy deki fabrikasında gerçekleştirir. 60 000 m² si kapalı toplam 250 000 m² lik son teknolojilerin kullanıldığı fabrikasında 1 500 personel çalıştırmaktadır.

Telra nın bir koluda Mecidiyeköy de faaliyet göstermektedir. Burada yer alan ARGE bölümünde herbiri kendi alanında uzman mühendisler ve teknisyenler en yeni teknolojileri ürünlerine aktarabilmek ve müşteri memnuniyeti için çalışır.

Profilo Telra müşterilerine sağladığı üstün hizmet karşılığında 1993 yılında ISO 9001 kalite ödülünü almış ve bu ödülü hak eden ilk kuruluşlar arasında yer almıştır.

İÇİNDEKİLER

KURUM BİLGİLERİ VE ONAY SAYFASI.....	3
HAFTALIK ÇALIŞMA PLANI.....	4
ÖNSÖZ	5
KURUM TANITIMI	6
<u>I²C BUS</u>	
I ² C BUS NEDİR?	7
I ² C BUS IN ÜSTÜNLÜKLERİ	7
I ² C BUS IN GENEL ÖZELLİKLERİ	8
BİT TRANSFERİ	10
BİLGİ TRANSFERİ	11
ARBITRATION VE SAAT DARBELERİNİN ÜRETİLMESİ	12
7- BİT ADRESLEME FORMATI	14
STANDART I ² C MODÜLLERİ	16
I ² C BUS IN KULLANIMINA BASİT BİR ÖRNEK	17
SONUÇ	21

I²C BUS

1.1 I²C BUS Nedir ?

Dijital elektroniğin yapı taşları IC (intergrated circuit) lerdir. Biz onları gerçek dünyada bir elektronik board un üzerindeki entegreler olarak görür ve biliriz. Televizyon bilgisayar elektronik terazi gibi karışık dijital işlemleri yerine getirebilen elektronik sistemler birçok IC nin birleşiminden oluşur. Tüm IC lerin çalışması birbirine bağımlıdır. IC ler arasında iletişim ve haberleşme İngilizce BUS adı verilen veri yolları ile gerçekleştirilir. Bir elektronik devre dizayn edilirken kullanılacak IC ler seçilen veri yoluna uyumlu olmalıdır.

Bugün birçok veri yolu mevcuttur. Benim bildiklerim bilgisayarlarımızda kullanılan USB (Universal Serial Bus) ve I²C (Inter Integrated Circuit) Bus dir. I²C Bus bugün sağladığı birçok avantajlarla en popüler olanıdır.

1.2 I²C BUS ın Üstünlükleri

- Sadece iki tane Bus hattı gereklidir; seri data hattı (Serial Data Line) **SDA** ve seri saat hattı (Serial Clock Line) **SCL**.
- BUS a bağlı tüm araçlar sooftware tarafından tek bir adresle adreslenebilir ve bu bağlı araçlar arasında her zaman master/slave ilişkisi mevcuttur. Master araçlar master alıcı ve master verici olarak kullanılabilir.
- İki yada daha fazla master durumundaki aracın aynı anda bilgi transferine başlaması durumunda bilgi çakışmalarını yada kopmalarını engellemek mümkündür.
- 8-bit çift yönlü bilgi transferi standart modda 100 kbit/s, fast modda 400 kbit/s ve high-speed modda 3.4 Mbit/s hızlarına ulaşabilir.
- Aynı BUS a bağlanabilecek maksimum IC sayısı sadece 400pF BUS kapasitansı ile sınırlıdır.
- Gelişmiş adresleme ve data transfer protokolleriyle sistem tamamen software programlarla kontrol edilebilir.
- Aynı IC ler farklı uygulamalarda kullanılabilir.
- BUS dan kaldırılan yada BUS a yeni eklenen IC sistemdeki diğer IC lerin çalışmasını etkilemez.
- Uyumlu IC sayısı oldukça fazladır ve kolayca elde edilebilir.

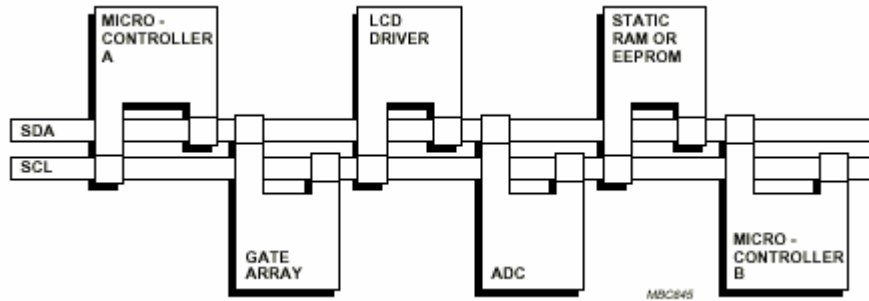
1.3 I²C BUS in Genel Özellikleri

I²C Bus da iki hat seriel data line (SDA) ve serial clock line (SCL) Bus a bağlı araçlar arasında bilgi taşır. Bus a bağlı tüm araçlar bunlar IC ler, LCD sürücüler, hafıza ve tuş takımı arayüzleri ve hatta microcontrollerlar olabilir, farklı adreslerle tanımlıdır. Her araç fonksiyonuna göre alıcı yada verici olarak çalışır. Hafıza elemanlarının hem alıcı hem verici olarak çalışırken LCD görüntü sürücülerinin sadece alıcı olarak çalıştığı açıktır. Alıcı yada verici olmanın yanında Bus a bağlı araçlar master ve slave olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Master araç bilgi tranferini başlatan ve saat sinyallerini üreten araçtır. Bu durumda adreslenen geri kalan araçlar da slave durumundadır.

Table 1. I²C Bus a ait terimlerin açıklaması

Terim	Açıklaması
Verici (Transmitter)	Bus a bilgi gönderen araç
Alıcı (Receiver)	Bus dan bilgiyi alan araç
Master	Bilgi transferini başlatan, saat sinyallerini üreten ve transferi durduran araç
Slave	Master tarafından adreslenen araç
Multi-Master	Birden fazla Masterın aynı anda BUS ı kontrol etmesi
Arbitration	Multi-master durumu söz konusu olduğunda bilgi çakışmalarını engellemek için geliştirilmiş prosedür

I²C bus multi-master bustır. Yani birden fazla yönetici (master) araç busa bağlanabilir. Master araçlar genellikle microcontrollerdır. Örneğin şekil 1 deki bir bus a iki microcontroller bağlandığı durumunu göz önüne alalım. Bu şekil bir I²C bustaki alıcı-verici ve master slave ilişkilerini özetler. Bu ilişkilerin bilgi tranferinin yönüne bağlı olduğundan kalıcı olduğu düşünülmemelidir. Bilgi transferi aşağıda açıklanacağı gibi gerçekleşir.



Şekil 1. İki microcontroller kullanan I²C Bus konfigürasyon örneği

1-) Önce microcontroller A nın microcontroller B ye bilgi göndermek istediğini farzedelim. Sırasıyla

- Microcontroller A (master) microcontroller B (slave) ye bir adres atar.
- Microcontroller A (master-verici) microcontroller B (slave-alıcı) ye bilgiyi yollar
- Microcontroller A transferi sonlandırır.
-

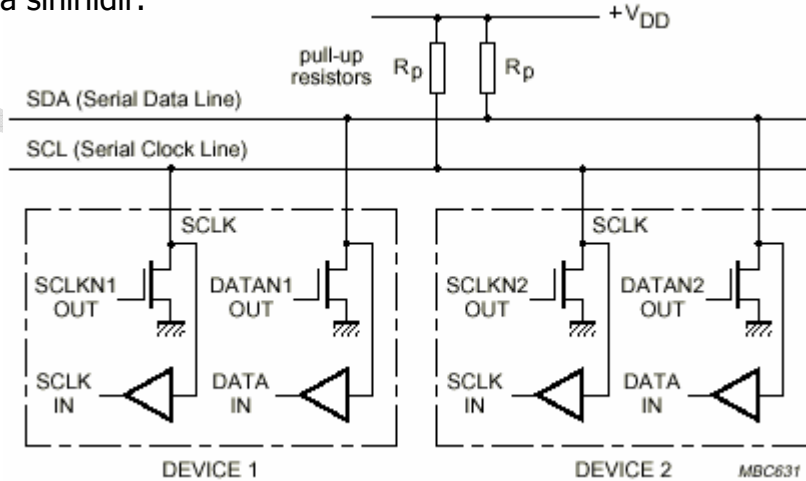
2-) Eğer microcontroller A microcontroller B den bilgi almak isterse yine sırasıyla

- Microcontroller A (master) microcontroller B (slave) ye bir adres atar.
- Microcontroller A (master-alıcı) microcontroller B (slave-verici) den bilgiyi alır.
- Microcontroller A transferi sonlandırır.

Eğer birden fazla master aracın aynı anda bus a bilgi göndermesi durumunda oluşabilecek bilgi çakışmalarını ve kopmalarını engellemek için arbitration adı verilen özel bir prosedür geliştirilmiştir. Bu prosedüre bit transferi prensiplerini açıkladıktan sonra değinmemiz daha yerinde olacaktır.

I²C bus ta saat sinyallerinin üretilmesi her zaman master araçların görevidir ve her master kendi saat sinyalini üretir. Masterların ürettiği saat sinyalleri ancak yavaş slave araçların busa bağlanması yada arbitration koşullarında değişebilir.

Çift yönlü SDA ve SCL hatları akım kaynakları yada pull-up resistor larla pozitif voltaj kaynağına bağlanır (bkz şekil 2). Bus ın kullanılmadığı anlarda her iki hatta logic 1 (HIGH) durumundadır. I²C Bus standart modda 100kbit/s, fast modda 400kbit/s ve high-speed modda 4.3 Mbit/s hızlarına kadar bilgi transferine izin verir. Bus a bağlanabilecek arayüzlerin sayısı sadece 400pF bus kapasitansı ile sınırlıdır.



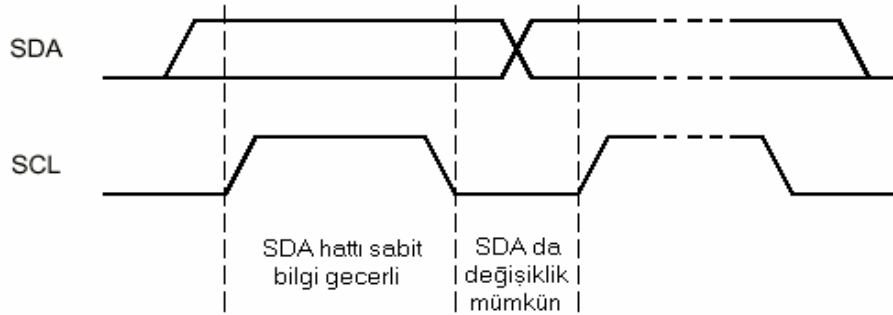
Şekil 2. Standart ve fast modda çalışan araçların I²C bus a bağlanması

1.4 Bit Transferi

I²C bus a bağlanabilecek araçların(CMOS, NMOS, bipolar) Çokluğu ve çeşitliliğine bağlı olarak logic 1 (HIGH) ve logic 0 (LOW) voltaj seviyeleri sabit tutulmamış pozitif voltaj kaynağı V_{DD} seviyesine bağımlı tutulmuştur. Ayrıca her bit için ayrı bit saat darbesi üretilir.

1.4 a-) Bilginin Geçerliliği

Bustaki bilginin geçerli olabilmesi için SDA hattındaki bilginin saatin HIGH periodları boyunca sabit olması ve değişmemesi gerekir. SDA hattının HIGH yada LOW konumu sadece SCL hattı LOW konumdayken değişebilir.



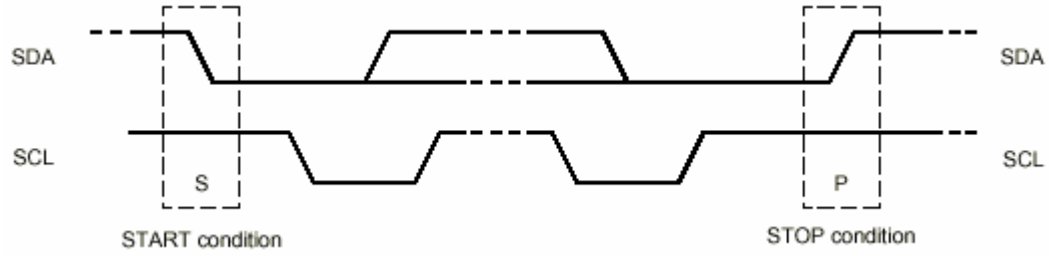
Şekil 3. I²C Busta bit transferi

1.4 b-) Başlangıç ve Bitiş Bitleri

I²C bus da bilgi transferi sırasında iki özel durum söz konusudur. Bu iki durum başlangıç ve bitiş koşulları (start and stop conditions) olarak tanımlanır.

SCL HIGH (logic 1) konumundayken SDA'nın HIGH konumundan LOW konuma geçişi özel hallerin ilkidir ve başlangıç (START) koşulu olarak tanımlanır.

İkinci özel hal SCL HIGH konumdayken SDA'nın LOW konumdan HIGH konuma geçişi sırasında olur ve bitiş (STOP) koşulu olarak tanımlanır.(bkz şekil 4)



Şekil 4. Başlangıç ve bitiş koşulları

Başlangıç ve bitiş bitleri her zaman masterlar tarafından üretilir. Başlangıç bitinden bitiş bitine geçen sürede bus meşguldür denir. Sürekli tekrarlanan başlangıç bitleri bus sürekli meşgul tutar.

Başlangıç ve bitiş bitlerinin bus a bağlı diğer araçlar tarafından algılanması eğer bu araçlar gerekli hardware arayüzüne sahiplerse çok kolaydır. Eğer bir microcontroller böyle bir arayüze sahip değilse HIGH ve Low konumlar arasındaki geçişleri algılayabilmesi için her saat periyodunda en az iki defa SDA hattını kontrol gerçekleştirmelidir.

1.5 Bilgi Transferi

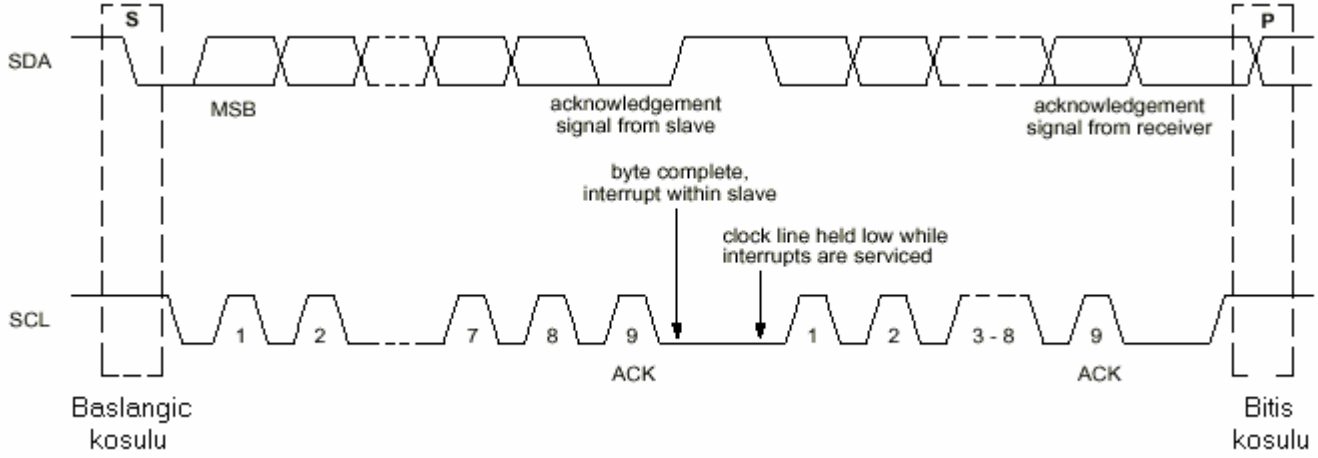
1.5 a-) Byte Format

SDA ya gönderilen her byte 8 bit uzunluğunda olmalıdır. Bir defada transfer edilecek byte sayısında hiçbir kısıtlama yoktur. Ancak her byte arasında Acknowledge bit i olmak zorundadır. Bilgi en öncelikli bit (most significant bit) ilk önce gönderilmek suretiyle transfer edilir. Slave konumundaki araç henüz gerçekleştirdiği fonksiyonu bitirmeden yeni bir byte alamaz yada veremez. Bunun için slave meşgulken SCL LOW konumda tutulur ve bu durumda master bekleme pozisyonuna geçer. Slave işini bitirdiğinde SCL serbest bırakılır ve transfer devam eder.

1.5 b-) Acknowledge durumu

Bilgi transferi sırasında acknowledge bitinin kullanılması zorunludur. Acknowledge durumunda SDA LOW konumundadır. Aslında Acknowledge durumu slave konumundaki aracın aldığı byte ile ilgili işlemi gerçekleştirmesi için master tarafından slave tanınan süredir. Slave her byte ı aldıktan sonra acknowledge biti

üretir ve mastera bir sonraki byte için beklemesini söyler. Eger gerçekleştirilen işlem acknowledge biti suresince tamamlanamazsa SDA slave tarafından HIGH konumuna geçilir ve slave işini tamamlayana kadar transfer durdurulur. Aşağıdaki şekil bilgi transferi kısaca özetler.



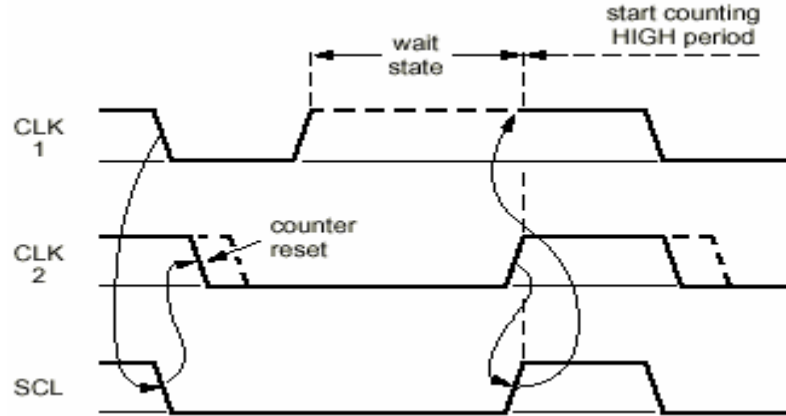
Şekil 5. I²C Bus ta bilgi transferi

1.6 Arbitration ve Saat Darbelerinin Üretilmesi

1.6 a-) Eş zamanlılık (synchronization)

I²C bus da herbir master bilgi tranferini sağlamak için kendi saat darbelerini üretir ve bilgi sadece saat darbelerinin HIGH honumunda geçerlidir. Bundan dolayı eğer bus a bağlı birden fazla master araç söz konusuysa bilgi çakışmalarını engellemek için saat darbeleri eş zamanlı kılınmalıdır. Bu işlem AND kapısı kullanılarak gerçekleştirilir. Masterların saat çıkışları AND kapısının girişine bağlanır. Bu durumda AND kapısının çıkışı eş zamanlı kılınmış saat darbeleridir ve SCL ye bağlanır. Bildiğiniz gibi AND kapısının tüm girişleri HIGH olduğu takdirde çıkışı ancak HIGH leveledir.

Bu yolla elde edilen SCL eş zamanlı saat darbelerinin LOW konum periyodu LOW periyodu en yüksek alan master, HIGH konum periyoduda HIGH periyodu en kısa olan master araç belirler. Aşağıdaki şekil (Şekil 6) bu prosedürü daha iyi açıklar.



Şekil 6. Arbitration prosedürü boyunca saat darbelerinin eş zamanlı kılınması

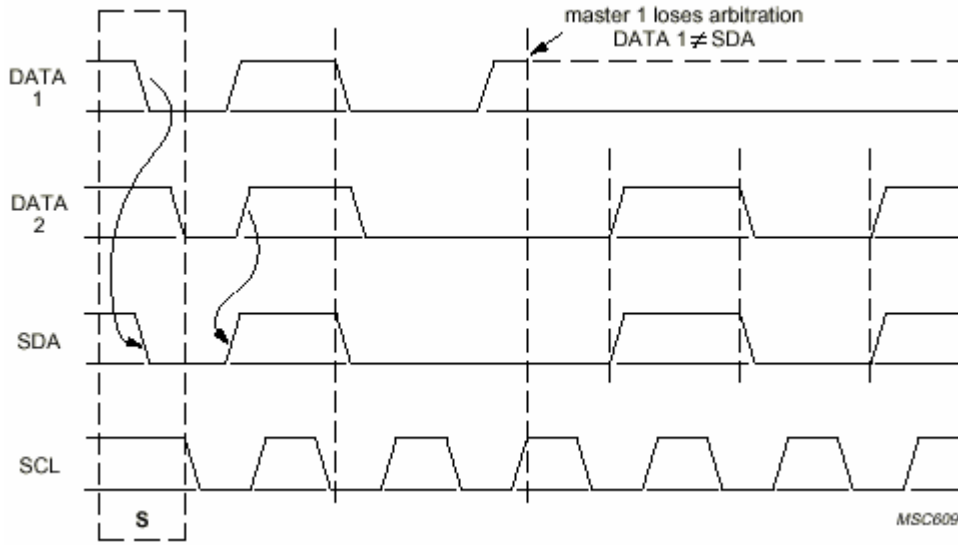
1.6 b-) Arbitration

Arbitration prosedürü yukarıda da değindiğim gibi bus a birden fazla master bağlanmas durumunda bilgi çakışmalarını yada kopmalarını engellemek için geliştirilmiş saat darbelerinin eş zamanlı kılınması temeline dayanan özel bir prosedürdür.

Arbitration prosedürü SCL hattının HIGH konumlarında SDA hattında gerçekleşir. Bir master SDA hattına logic-0 gönderirken başka bir master da aynı hatta logic-1 göndermek istediğinde hattaki bilginin kendi göndermek istediği bilgiyle uyuşmamasından dolayı transferini durdurur ve beklemeye alır. Bu durumda master arbitration ı kaybetmiş denir.

Arbitration bir çok bit boyunca devam edebilir. İlk aşamada adres bitleri karşılaştırılır. Eğer herbir master aynı aracı adreslemeye kalkarsa yani karşılaştırılan adresler aynı ise karşılaştırma bilgi bitleri ile devam eder. Adresleme ve bilgi transferi kazanan master tarafından belirlendiği için arbitration sırasında hiçbir bilgi kaybı olmaz.

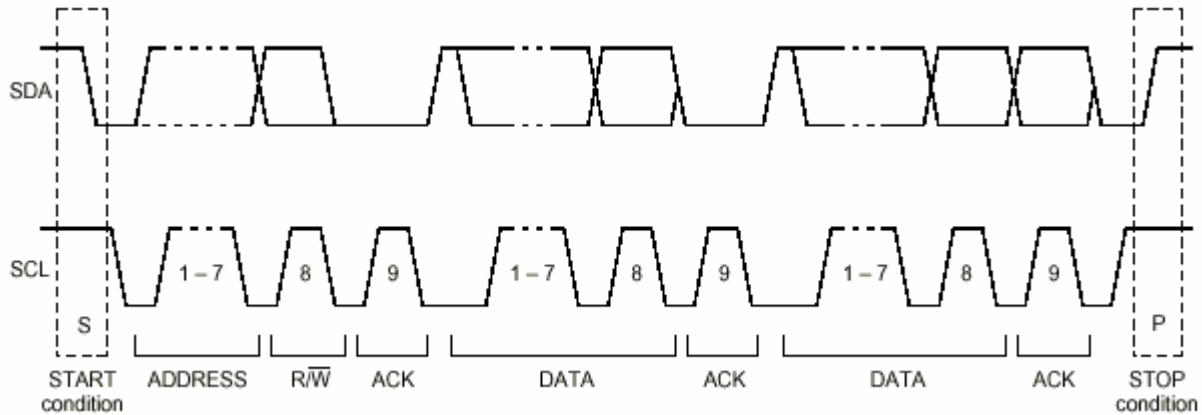
Şekil 7 iki master için arbitration prosedürünü gösterir. Data 1 ve SDA hatlarındaki bilgi sürekli olarak karşılaştırılır ve farklılaştığı anda data 1 arbitrationu kaybeder ve transferi geçici olarak sonlandırılır.



Şekil 7. İki masterın arbitration prosedürü

1.7 7-Bit Adresleme Formatı

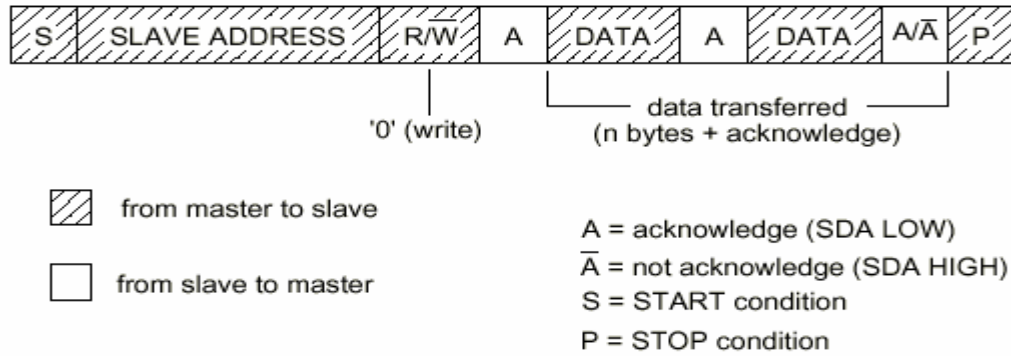
Bilgi transferi şekil 8 de gösterilen formatta gerçekleşir. Başlangıç koşulundan sonra slave adresi bus a gönderilir. Bu adres 7 bit uzunluğundadır ve sekizinci bit yön bitidir(R/W). Sıfır transferi (WRITE) ve bir de bilgi isteğini (READ) gösterir. Bilgi transferi her zaman master tarafından üretilen bitiş koşulu ile sonlandırılır.



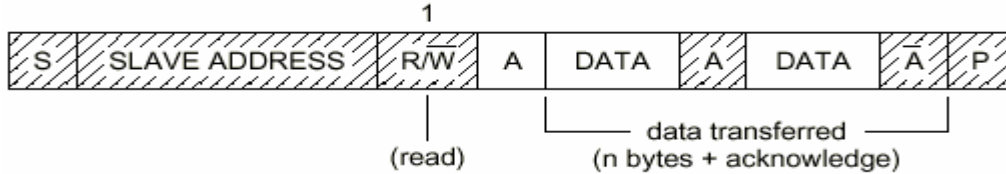
Şekil 8. Tam bilgi transferi

Olası veri transfer şekilleri şunlardır.

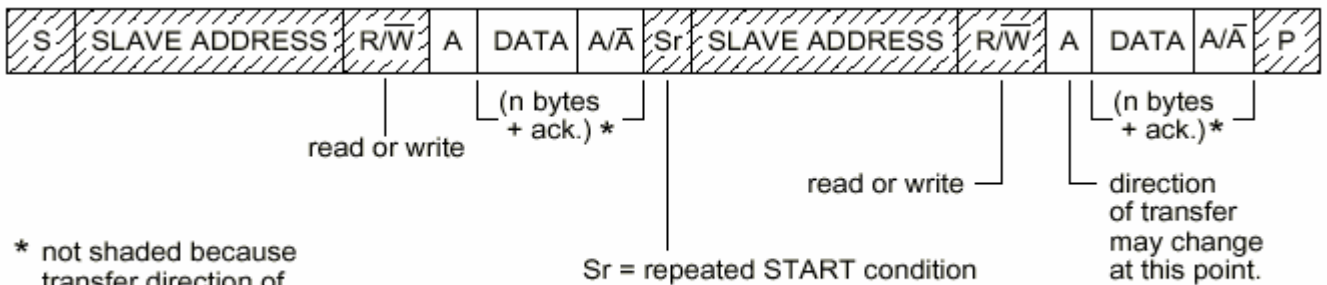
- Master verici slave alıcıya bilgiyi gönderir. Transferin yönü değişmez. (Bkz şekil 9).
- Master araç slave araçtan ilk byte ın hemen ardından bilgiyi okur.(Bkz şekil 10) İlk acknowledge konumunda (hatırlayacağımız gibi her byte ın ardından bir acknowledge biti üretilirdi) master verici master alıcı olurken slave alıcı slave verici olur. Bu ilk acknowlwdge biti slave tarafından üretilir. Bitirme kosulu ise master tarafından not acknowledge bitinin (\bar{A}) üretilmesinin hemen ardından üretilir.
- Birleşik şekilde.(Bkz 11) Data transferi yön değiştirirken başlangıç koşulu ve slave adresi tekrarlanır ancak R/W bitleri ters döner.



Şekil 9. Master verici slave alıcıyı 7 bit ile adresler. Bilgi transfer yönü değişmez.



Şekil 10. Master araç slave araçtan ilk byte ın hemen ardından bilgiyi okur.



* not shaded because transfer direction of data and acknowledge bits depends on R/W bits.

MBC607

Şekil 11. Birleşik format

1.8 Standart I²C Modülleri

I²C bus a bağlanabilecek her türlü araç modül olarak tanımlanır. Microişlemciler, saat ve sayaç devreleri, RAM ve EEPROM lar, analog – dijital çevireçler, giriş ve çıkış elemanları ve LED LCD sürücüler bu modüllere örnek olarak verilebilir.

Her I²C bus en az bir microişlemci içermek zorundadır. Microişlemci master dır ve görevi bus ı yönetmektir. Saat darbelerininide ayrıca microişlemciler üretir. Saat ve sayaç devreleri gecen süreyi hesaplamada, belli bir olayın kaç kere devam ettiğini saymada kullanılır. RAM ler ve EEPROM lar bilgiyi depo ederler. Analog – dijital çevirgeçler çok geniş kullanım alanına sahiptirler. Örneğin bir fiziksel büyüklüğü ölçmede, bir DC motorun dönme hızını control etmede yada herhangi bir ekranın parlaklık ayarının kontrol edilmesi bu modüller aracılığıyla olur. LED ve LCD sürücüler herhangi bir bilginin gösterilmesinde kullanılır.

Aşağıdaki tabloda standart I²C modülleri karşılık gelen entegrelerin referans numaraları ve tanımlı adresleri verilmiştir.

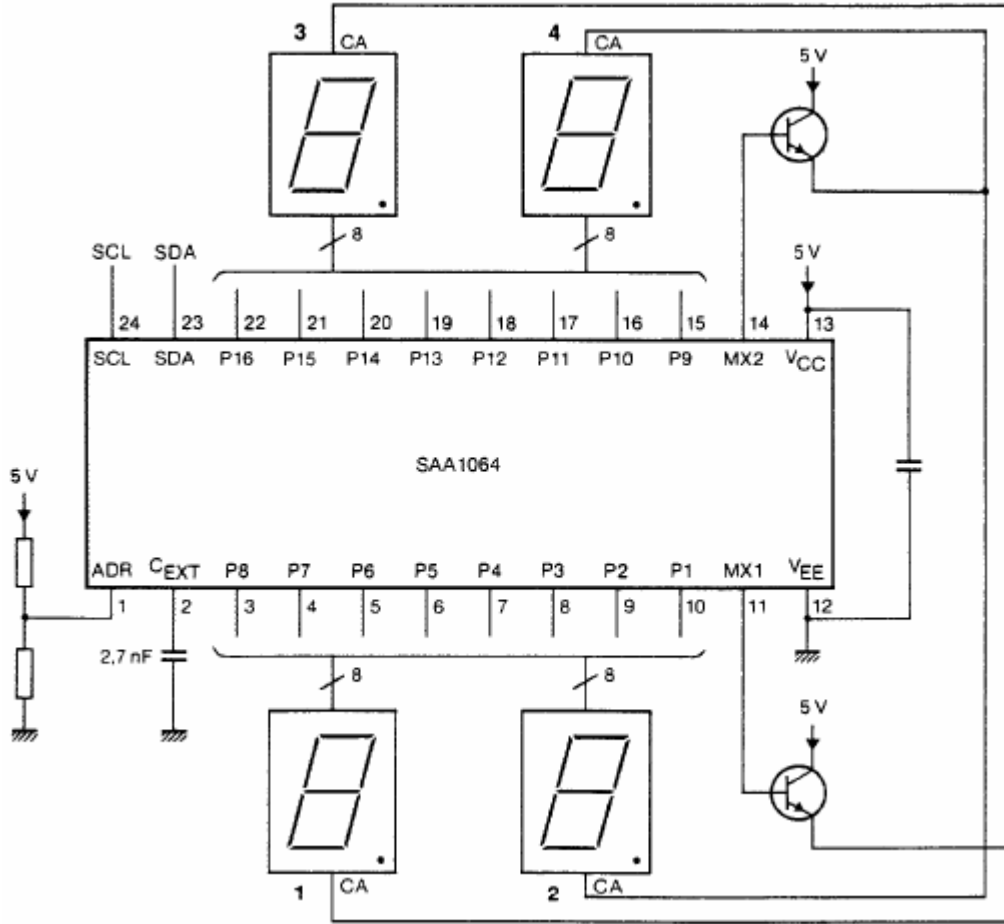
Tablo 1. standart I²C modülleri ve adresleri

	Fonksiyon	Ref	ADDRESS (7 bit)	+ R/W (1 bit)	= byte (8 bit)
	Saat ve sayaçlar	PCF 8573 PCF 8583	1101 0XX 1010 00X	1/0	1101 0XX 1/0 1010 00X 1/0
hafızalar	RAM	PCF 8570	1010 XXX	1/0	1010 XXX 1/0
		PCF 8570C	1011 XXX	1/0	1011 XXX 1/0
		PCF 8571	1010 XXX	1/0	1010 XXX 1/0
	EEPROM	PCF 8582A	1010 XXX	1/0	1010 XXX 1/0
	Giriş çıkış elemanları	PCF 8574	0100 XXX	1/0	0100 XXX 1/0
		PCF 8574A	0111 XXX	1/0	0111 XXX 1/0
	A/D D/A çevireçler	PCF 8591	1001 XXX	1/0	1001 XXX 1/0
sürücüler	LED	SAA 1064	0111 XXX	1/0	0111 XXX 1/0
	LCD	PCF 8577	0111 010	1/0	0111 010 1/0

Tabloda x ile gösterilen bitler in seçimi tasarılayıcıya bırakılmıştır. Bunun amacı bir bus a birden fazla aynı elemanın bağlanabilmesini sağlamaktır.

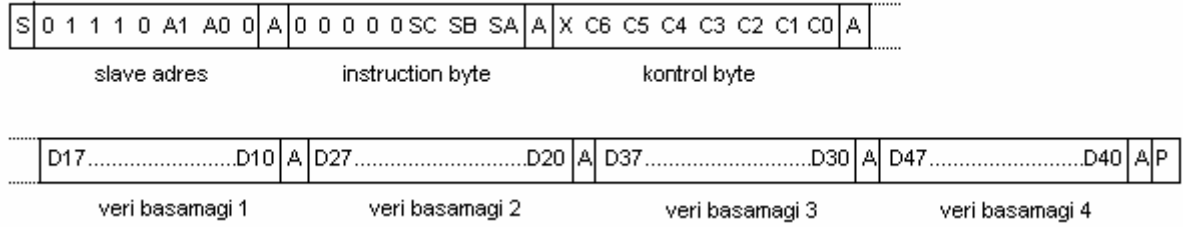
1.9 I²C Bus in Kullanımına Basit Bir Örnek

Tüm bu teorik bilgilerden sonra konunun pratik uygulaması olarak bir örnek gözönüne alalım. Yukarıda açıkladığımız modüllerden en basiti olan LED sürücülerini göz önüne alacak olursak aşağıdaki şekilde gösterilen devre 4 basamaklı LED görüntüleme modülüdür. Bu modül ile 4 basamaklı tüm sayılar herhangi bir bilginin örneğin hava sıcaklığının yada bir kapıdan o gün geçen insan sayısının görüntülenmesi sağlanabilir.



Şekil 12. 4 basamaklı LED görüntüleme modülünün devre diyagramı

Bu devrenin en büyük özelliği I²C bus veri yolunu kullanıyor olmasıdır. Acaba devrenin çalışabilmesi için master tarafından SDA ve SCL hatlarına gönderilmesi gereken bilgi nedir? Bu sorunun cevabı aşağıdaki şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.



S= başlangıç koşulu
P= bitiş koşulu
A= acknowledge
X= umursama

A1,A0 = programlanabilir adres bitleri
SC SB SA = alt adres bitleri
C6 ..C0 = kontrol bitleri

Şekil 13. Devrenin Çalışabilmesi için bus a gönderilmesi gereken byte dizisi

Bildiğimiz gibi bilgi transferi başlangıç koşulu ile başlar. Onu slave aracın adresi izler. Bu adres 7 bit uzunluğundadır. Byte olabilmesi için bir bite daha ihtiyaç vardır oda yazma okuma (r/w) bitidir ve transferin yönünü gösterir. Bu örnekteki adres byte ı 0111 0A1A0 0 şeklindedir. Buradaki A1 ve A0 bitleri rastgele seçilebilir.ancak dikkat edilmesi gereken konu adresin yukarıda verilen modül adresleri tablosunda gösterilen formatlar içinde olmasıdır.

Adres byte ı nı instruction byte ı izler. Bu byte altadres bitlerini içerir. Altadres bitleri 4 led görüntüleyiciden hangisinin kullanılacağını söyler. Aşağıdaki tabloda altadres bitlerinin kombinasyonlarının hangi hallere karşılık geldiği gösterilmiştir.

Tablo2. Alt adresler ve fonksiyonları

SC	SB	SA	altadres	fonksiyon
0	0	0	00	Register
0	0	1	01	Basamak 1
0	1	0	02	Basamak 2
0	1	1	03	Basamak 3
1	0	0	04	Basamak 4
1	0	1	05	Kullanılmaz
1	1	0	06	Kullanılmaz
1	1	1	07	kullanılmaz

İnstruction byte ından sonra control byte gelir. Bu byte 7 bitten oluşur. En öncelikli bit kullanılmaz. Bu byte görüntü modu bitlerini, test bitlerini, ve parlaklık kontrol bitlerini içerir. Herbir bitin anlamı aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 3. Kontrol bitleri ve anlamları

Görüntü modu bitleri

C0=0	statik görüntü basamakları 1 ve 2
C0=1	dinamik görüntü basamakları 1+3 ve 2+4
C1=0/1	basamak 1+3 açık/kapalı
C2=0/1	basamak 2+4 açık/kapalı

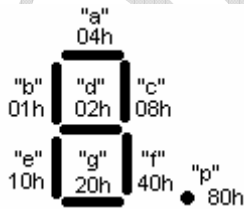
Test bitleri

C3=1	TEST
------	------

Parlaklık kontrol bitleri

C4=1	akım 3 mA	} 21 mA maksimum
C5=1	akım 6 mA	
C6=1	akım 12 mA	

Control byte ında ardından artık sıra geldi veri byte larına. Bu bytler LED ler üzerinde görüntülemek isrediğimiz verinin bilgileridir.



Şekil 14. Her bir basmağın kısımları

Örneğin 9 görüntüleyebilmek için aşağıdaki kısımları seçmeliyiz.

$$\text{"d"} + \text{"b"} + \text{"a"} + \text{"c"} + \text{"f"} + \text{"g"} \\ 02h + 01h + 04h + 08h + 40h + 20h = \mathbf{6Fh}$$

burada 6Fh 9 görüntüleyebilmek için bus a göndereceğimiz byte dır.

Aşağıdaki tabloda herbir rakamın byte karşılığı verilmiştir.

Tablo 4. Rakamların byte karşılığı

"1"	"48"
"2"	"3E"
"3"	"6E"
"4"	"4B"
"5"	"67"
"6"	"77"
"7"	"4C"
"8"	"7F"
"9"	"6F"
"0"	"7D"
Ondalık nokta	"80"

Sonuç ve özet olarak sırasıyla '1 2 3 4' (21 mA) görüntüleyebilmek için sırasıyla aşağıdaki tabloda gösterilen byte dizisini I²C protokolüyle devremize göndermemiz gerekir.

Tablo 5. Sırasıyla 1 2 3 4 görüntüleyebilmek için devreye gönderilmesi gereken byte dizisi.

Byte no	anlamı	Değer
Byte no. 1	Adres byte	76h
Byte no. 2	Instruction byte	00h
Byte no. 3	Control byte	77h
Byte no. 4	Veri byte' 1 için	48h
Byte no. 5	Veri byte' 2 için	3Eh
Byte no. 6	Veri byte' 3 için	6Eh
Byte no. 7	Veri byte' 4 için	4Bh

SONUÇ

Dört hafta süren stajım boyunca dijital elektronik üzerinde çalıştım. Günümüzün popüler ve en kullanışlı veri yollarından I²C BUS in çalışma prensiplerini, uygulama alanlarını ve bu BUS üzerinde bilgi transferinin nasıl gerçekleştiğini öğrendim. Bunun yanı sıra (PCB) simülasyon programı PCAD ı tanıdım ve çok az da olsa kullanmasını öğrendim. Aslında program ile epey uğraştım ancak pek de iyi olmayan arayüzünden dolayı pek fazla şey yapamadım. Bunun haricinde Profilo nun Çerkezköy deki fabrikasına yaptığımız gezide bir televizyonun tüm üretim safhalarını yakından gördük ve gerekli açıklamaları uzman mühendislerden dinledik. Ayrıca burada Isık Üniversitesi stajyerlerine bir seminer düzenlendi. Burada müdür yardımcısı Nazım bey bizlere Profilo yu anlattı ve elektronik mühendisliği konusundaki sorularımızı cevapladı. Nazım beyin söylediği en ilginç şey elektroniğin kaybettiği popülaritesini internetteki gelişmeler ile tekrar kazandığı idi.

Tüm bu teknik bilgilerden başka stajım süresince iş ve çalışma hayatına dair birçok deneyim edindim. Herşeyden önce çalışma disiplini öğrendim. Hergün sabah saat sekizden akşam altıya kadar bir yerde kapalı kalmak başlangıçta çok zor ve yorucuydu ama daha sonra alıştım.

Bundan başka planlı ve projeli çalışmanın önemini, görev ve vazifelerin paylaşıncı işlerin nasıl kolaylaştığını yani grup çalışmasının önemini öğrendim. Projeler ilk önce küçük parçalara ayrılıyor sonra kişiler arasında paylaştırılıyor. Örneğin eeprom için yazılan software önce fonksiyonlara bölünüyor ki bunlar yaklaşık 500 kadar sonra mühendisler arasında paylaştırılıyor. Böylece çok karışık olan, belki tek bi kisinin aylarını alacak bir program iki haftada tamalıyor, zamandan inanılmaz bir tasarruf yapılıyor.

Son olarak meslek tercihim yaparken elektroniği seçerek ne kadar isabetli bir tercih yapmış olduğumu anladım. Çünkü tüm stajım boyunca gördüklerim, içinde bulunduğum ortam bana çok hoş geldi ve büyük bir zevk aldım. Çünkü sevdiğim, çocukluğumdan beri merak ettiğim bir işi yapıyordum.