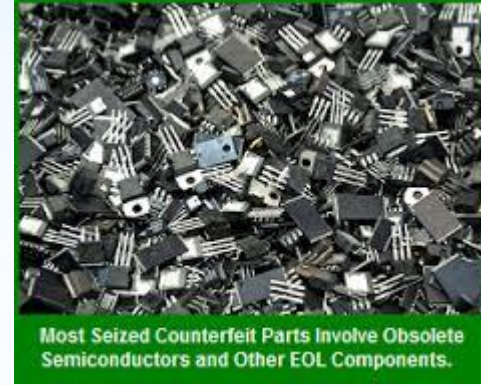


TAKLİT (SAHTE) ELEKTRONİK MALZEMELERİN BELİRLENMESİ

Önder ŞİŞER
Elk-Elektronik Yük. Müh.

onder.siser@emo.org.tr
onder@reelektronik.com



- ✓ Elektronik malzeme üretimi dünya ekonomisinde yıllık **trilyon dolarla** ifade edilen hacimler oluşturmakta ve her yıl artmaktadır.
- ✓ Elektronik malzemelerdeki yüksek kar oranları ve Dünya elektronik malzeme talebindeki bu hızlı büyüme, **taklit elektronik malzeme üreticilerinin artmasına** sebep olmuştur.
- ✓ Elektronik taklit malzemelerin oranı her geçen yıl artmaktadır. **Küresel ve ülkemiz açısından büyük bir sorun haline gelmiştir.**



Table 1.1 Estimate of the total value of counterfeit and pirated products [9]

OECD category	Estimate (2008 data)	Estimate (2015)
Internationally traded counterfeit and pirated products	\$285–360 billion	\$960 billion
Domestically produced and consumed counterfeit and pirated products	\$140–215 billion	\$570 billion
Digitally pirated products	\$30–75 billion	\$240 billion
Total	\$455–650 billion	\$1.77 trillion

Kaynak; BASCAP, Estimating the global economic and social impacts of counterfeiting and piracy (February 2011)

(USA araştırma raporu)



Sahte Elektronik Malzeme Dağılımları İlk 5 Listesi

Table 2.1 Top-five most counterfeited semiconductors in 2011 (percentage of counterfeit part reports) [15]

Rank	Commodity type	% of reported incidents
#1	Analog IC	25.2
#2	Microprocessor IC	13.4
#3	Memory IC	13.1
#4	Programmable logic IC	8.3
#5	Transistor	7.6
#6	Others	32.4

Source: IHS parts management 2012 [15]

1. GİRİŞ

Taklit malzemelerin özellikle askeri ve medikal gibi kritik alanlarda kullanılması, **telafi edilemez sonuçlar doğurabilir.**

Diğer tüm sektörlerde ise ciddi maddi ve manevi kayıplar söz konusudur.

Yangın sebepleri arasındadır.



1. GİRİŞ



Taklit malzemelerin yanı sıra, kullanılmış elektronik malzemelerin çöplerinin toplanıp, fiziksel temizlenip, yeniden isimleri vs. yazılıp satışa sunulması.

More than a Backyard Industry!



Millions of Scrap Boards



Sorted by size, similarity and lead count



Component Removal



Re-processed





‘Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Taklit Elektronik Malzemelerin Belirlenmesi’ adıyla **Yüksek Lisans Tezi** olarak bu çalışmamız Gazi Üniversitesinde kabul edilmiştir. Ülkemizde bu konuda yapılan ilk ve tek akademik çalışmadır. Tezin tamamını açık arşiv den indirebilirsiniz.

Tez çalışmasında;

empedans karakteristik eğrilerini kullanarak,

daha önceden belirlenen bazı malzemelerin görüntüleri üzerinde görüntü işleme teknikleri

ve aynı malzemelerin termal görüntüleri

kullanılarak taklit elektronik malzemelerin belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır.

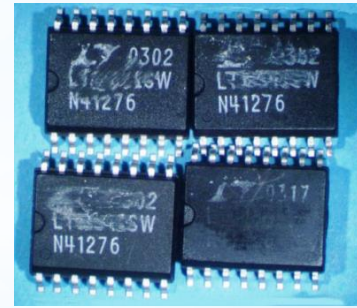
• Yapılan bu çalışmaların her biri taklit elektronik malzeme belirlemede olumlu sonuçlar vermiştir.

• Ayrıca elde edilen sonuçlar kullanılan her üç yöntemin de birbirini desteklediğini göstermiştir.



2.1. Mikroskop ile Fiziksel Kontrol Metotları

Mikroskop ile fiziksel kontrol metotları mikroskop altında elektronik malzeme dış görüntüsünün incelenmesi temeline dayanır. Üzerindeki yazılar, logo (trade mark), malzeme bacakları, kılıf yapısı özellikle incelenmektedir.



2.2. Kimyasal Kullanarak Yapılan Kontrol Metotları

Elektronik malzeme kılıfına çeşitli kimyasallar sürülerek yazıları ve yüzeyinin deforme olup olmadığı test edilir. Yandaki resimde aseton sürülen bir malzemede yazılarının deforme olduğu görülmektedir.



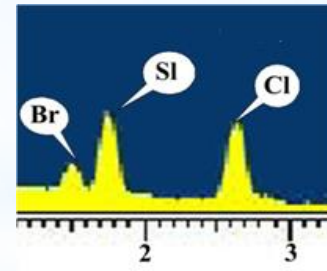


2.3. Elektriksel Testler Uygulanarak Yapılan Kontrol Metotları

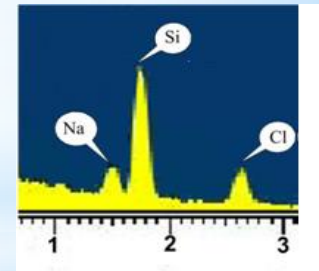
Bu metotlarda OEM ve taklit elektronik malzemelere besleme gerilimleri verilerek kritik elektriksel değerleri kıyaslanır. Bu değerler elektronik malzeme teknik özellikleri (data sheet) sayfalarında verilen sınır değerlerdir. Fonksiyonel test sınır değerleri gerçeği ile kıyaslanmaktadır. Bu testler esnasında iklimlendirme üniteleri ile çevre şartları da değiştirilerek dayanımları gözlemlenir.

2.4. X-ray Elementer Analiz Metoduyla Kontrol

X-ray elementer analiz metoduyla kontrol metodu, OEM ve taklit elektronik malzemelerin x-ray ışınları ile element analizi yapan gelişmiş cihazlar ile test edilmesidir. Elementer analiz cihazlarından elde edilen grafikler birbirleri arasında mukayese edilirler.



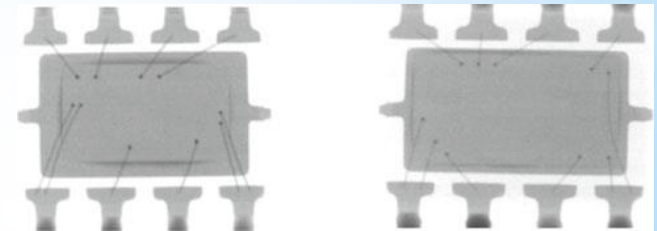
Orijinal



Taklit

2.5. X-Ray ve Akustik Görüntüleme Metoduyla Kontrol

OEM ve taklit elektronik malzemelere x-ray ışınları veya akustik darbeler gönderilerek elde edilen görüntülerin kıyaslanmasıdır



Taklit

Orijinal

2. DÜNYADA HALEN KULLANILAN SAHTE ELEKTRONİK MALZEME BELİRLEME TEST METOTLARI

Pratik sahte elektronik malzeme belirleme için bazı örnekler...

Bu malzeme 2003 yılının 4. haftası satın alınmış. Ama üzerinde yazan üretim kodu 2003 yılının 47. haftası.

Fig. 3.4 Marking convention for a National Semiconductor's IC [7]

Date Code

1st Digit - Calendar Year

2nd & 3rd Digits - 6-Week Period in Calendar Year

Last 2 Characters - Die Run Code

Indicates Plants of Manufacture

Part Number

Pin 1 Orientation

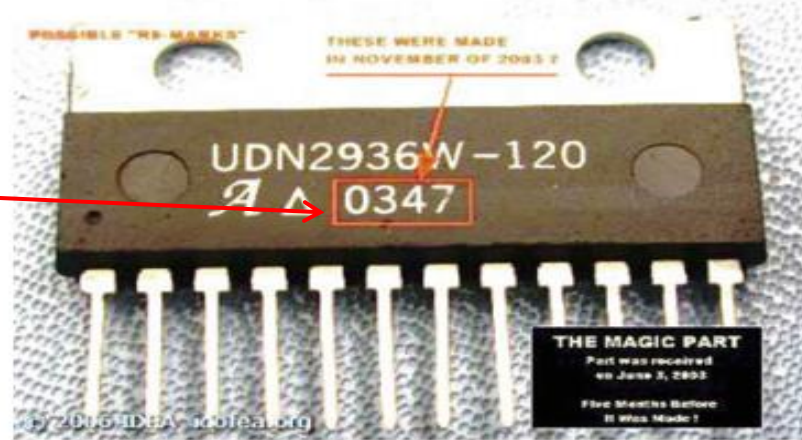
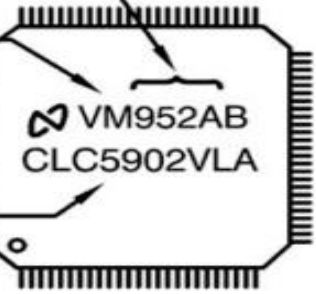


Fig. 3.5 Invalid date code [8]

2. DÜNYADA HALEN KULLANILAN SAHTE ELEKTRONİK MALZEME BELİRLEME TEST METOTLARI

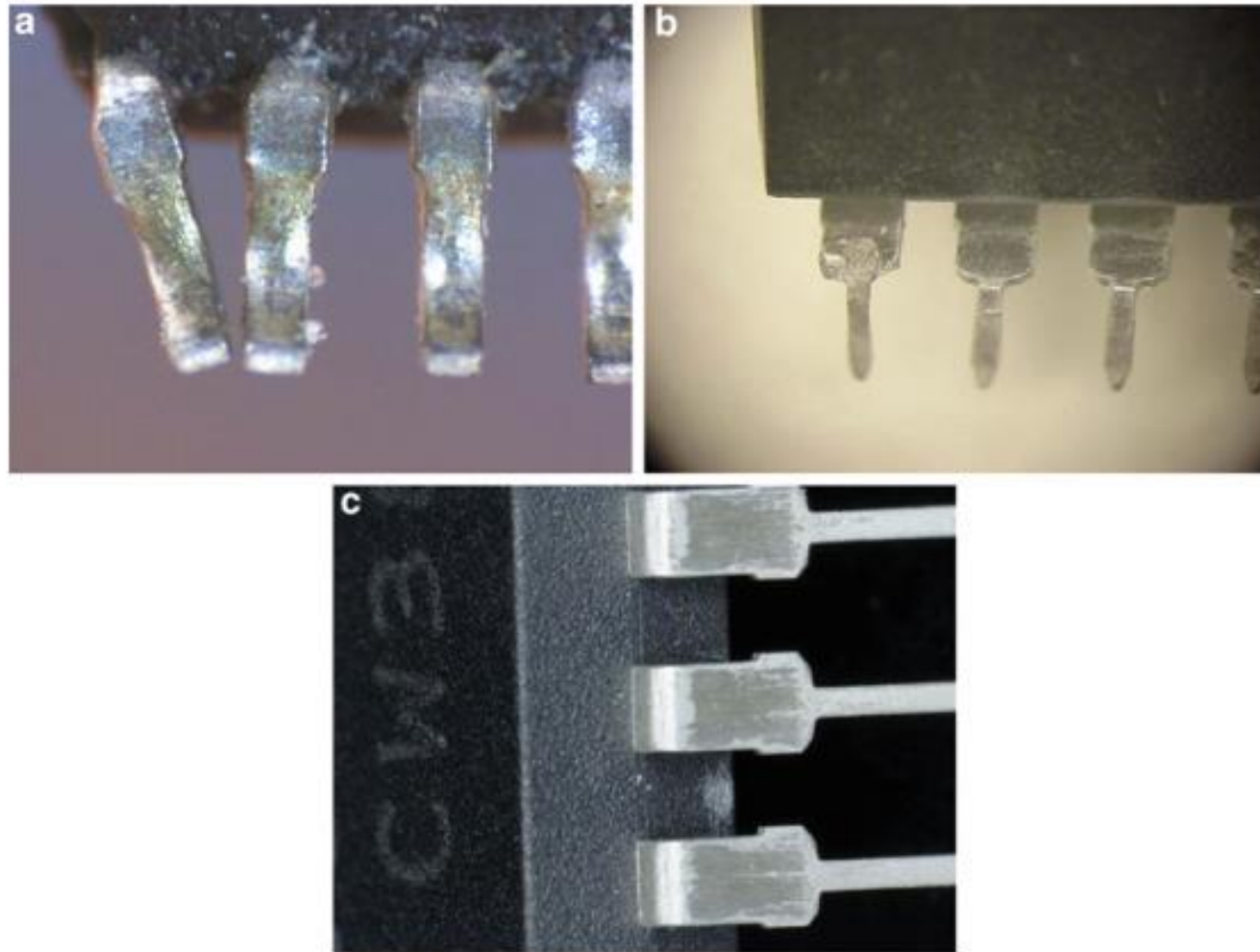


Fig. 3.8 Reworked leads. (a) Residual flux on the leads (*Source: Honeywell Inc.*), (b) repaired and reflowed leads (*Source: Honeywell Inc.*), (c) poorly re-tinned

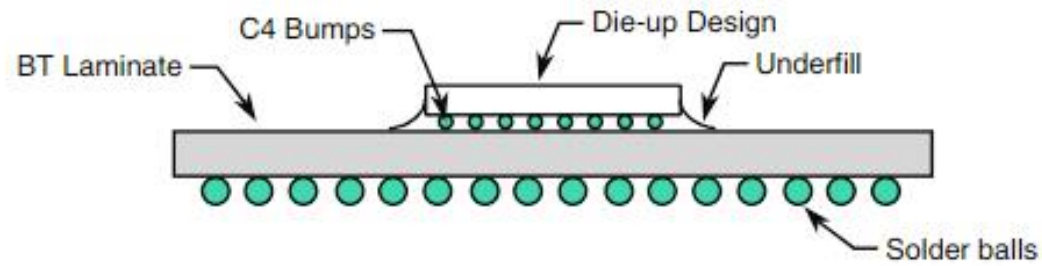


Fig. 3.11 Cross sectional view of a BGA packaged IC [10]

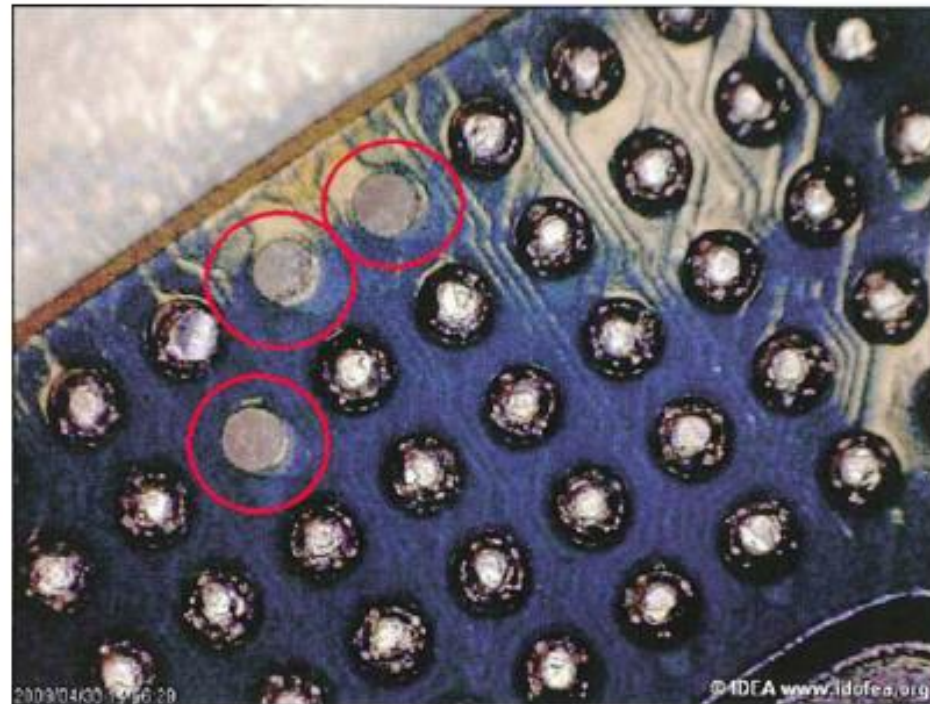


Fig. 3.12 Missing solder balls [5]



Fig. 3.16 Marking defects (a) Encircled marking near Tundra logo (b) Encircled marking near mold mark

2. DÜNYADA HALEN KULLANILAN SAHTE ELEKTRONİK MALZEME BELİRLEME TEST METOTLARI

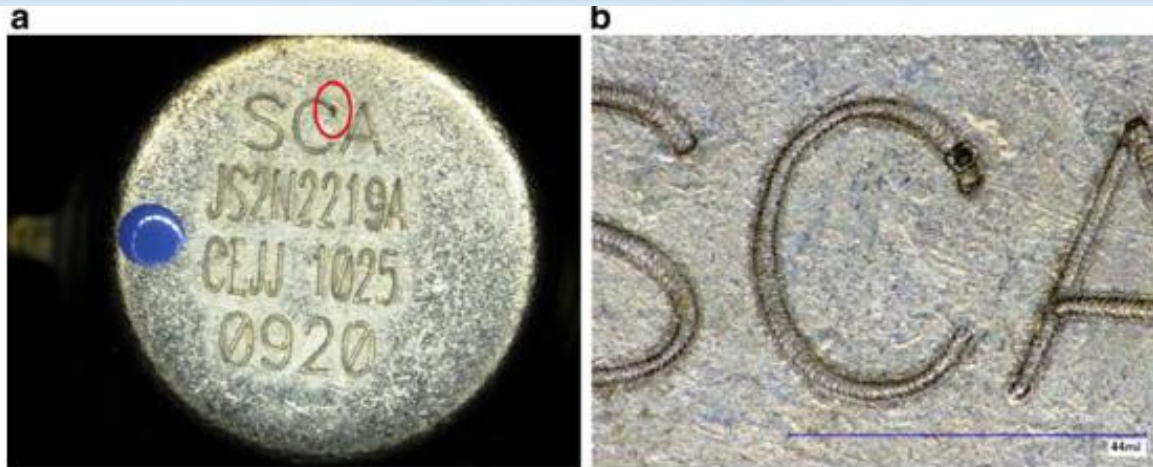


Fig. 3.17 Burned markings [Source: Honeywell Inc.] (a) Burned mark encircled in red (b) Magnified location of the burned mark

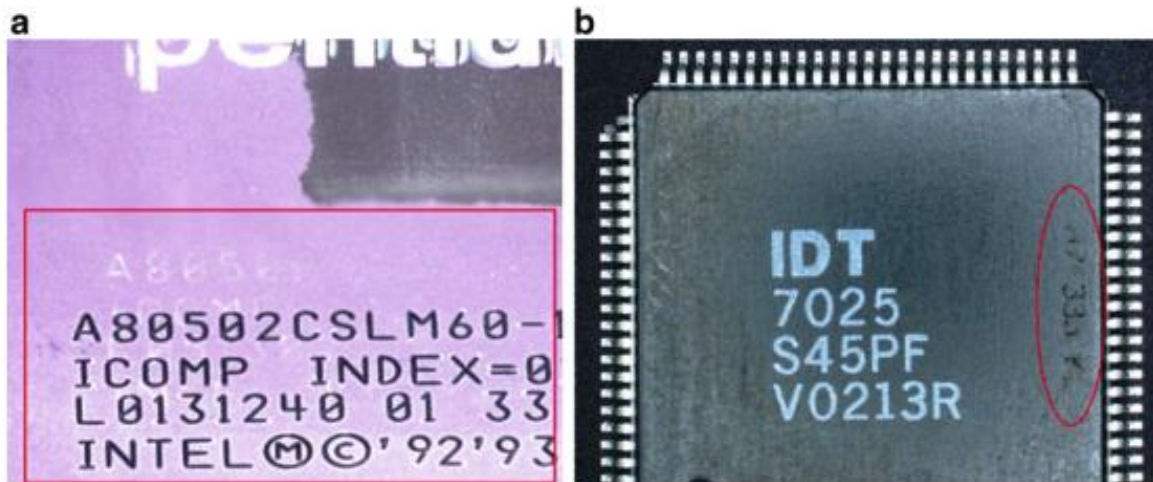


Fig. 3.18 Ghost marking (a) New marks on top of residual original marks (Source: Honeywell Inc.) (b) Faded marks encircled in red

2. DÜNYADA HALEN KULLANILAN SAHTE ELEKTRONİK MALZEME BELİRLEME TEST METOTLARI

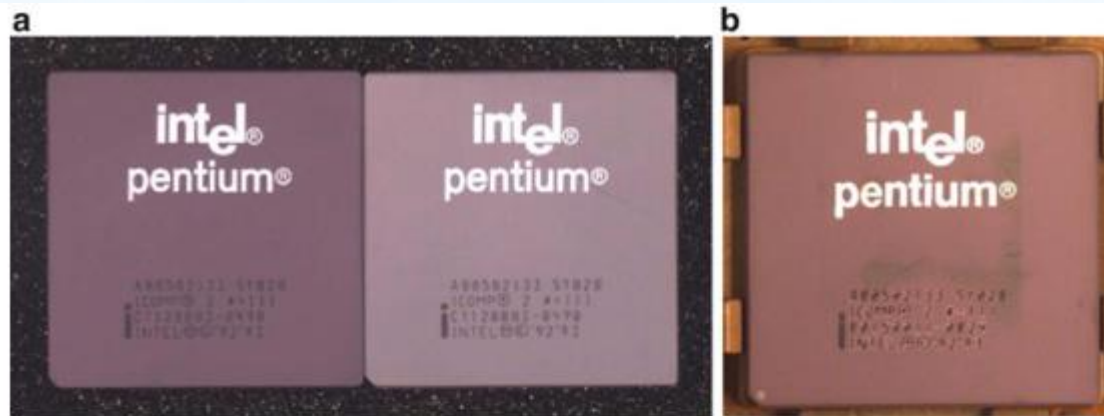


Fig. 3.19 Color variations [Source: Honeywell Inc.]. (a) Color variations, (b) heat sink mark

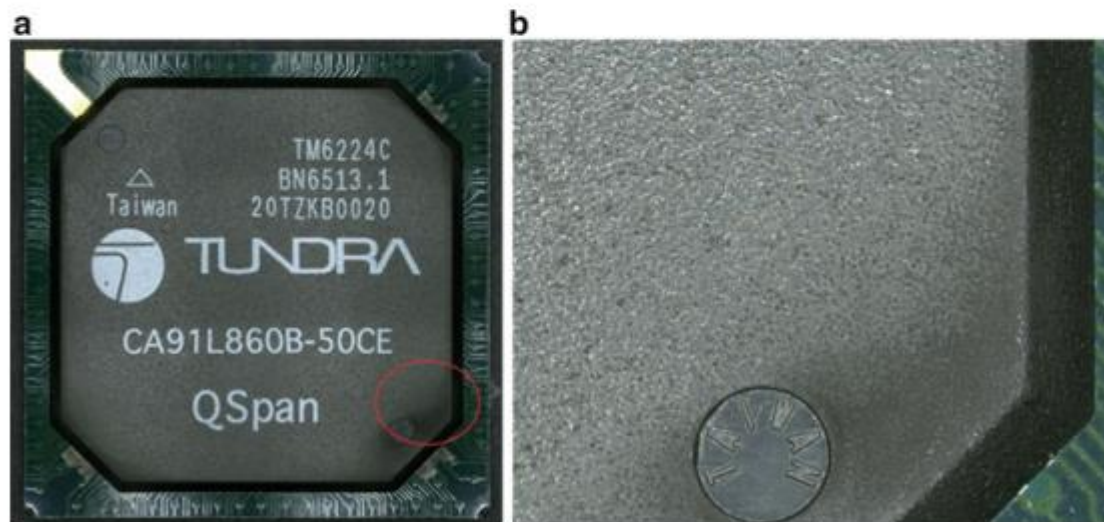


Fig. 3.20 Improper texture (a) Improper texture encircled in red (b) Magnified location of the corner

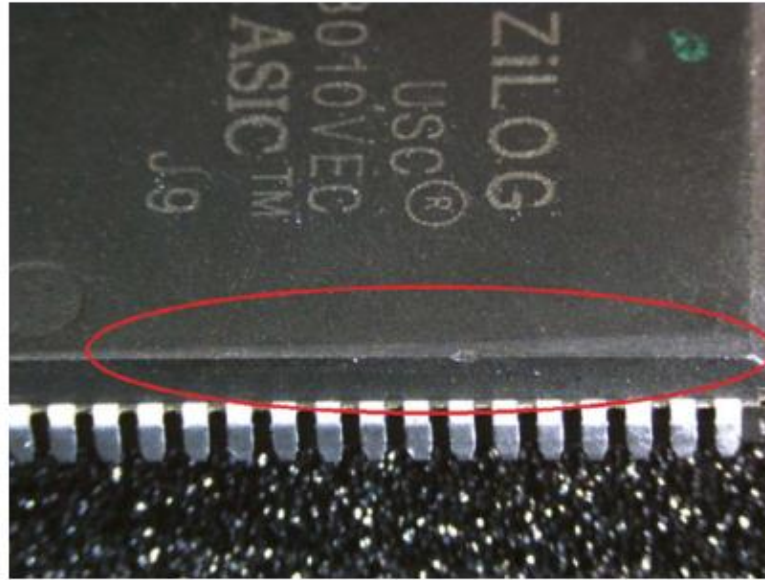


Fig. 3.22 Incorrect dimensions [Source: Honeywell Inc.]

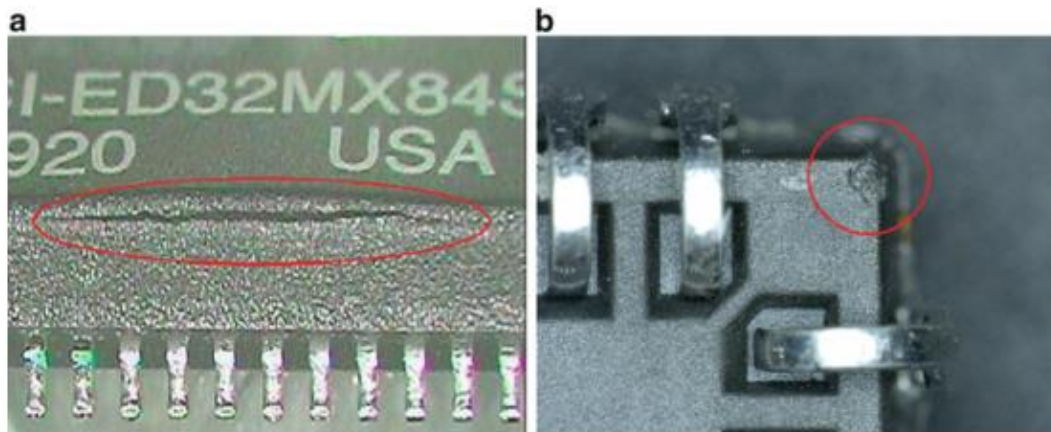
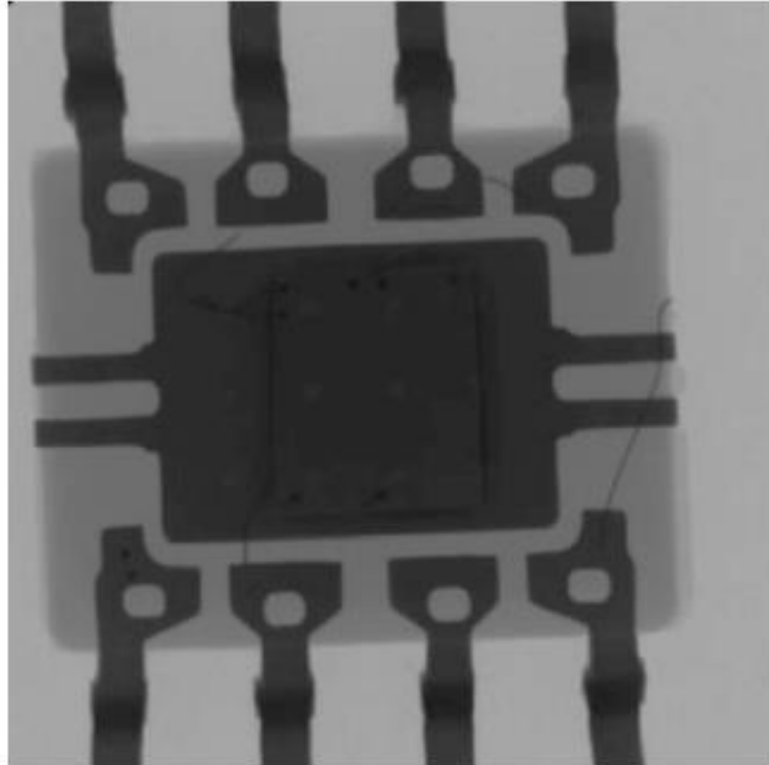


Fig. 3.23 Package damage. (a) External crack [13], (b) chipout at the corner



Fig. 3.28 Broken bond wires
[Source: Honeywell Inc.]



2. DÜNYADA HALEN KULLANILAN SAHTE ELEKTRONİK MALZEME BELİRLEME TEST METOTLARI

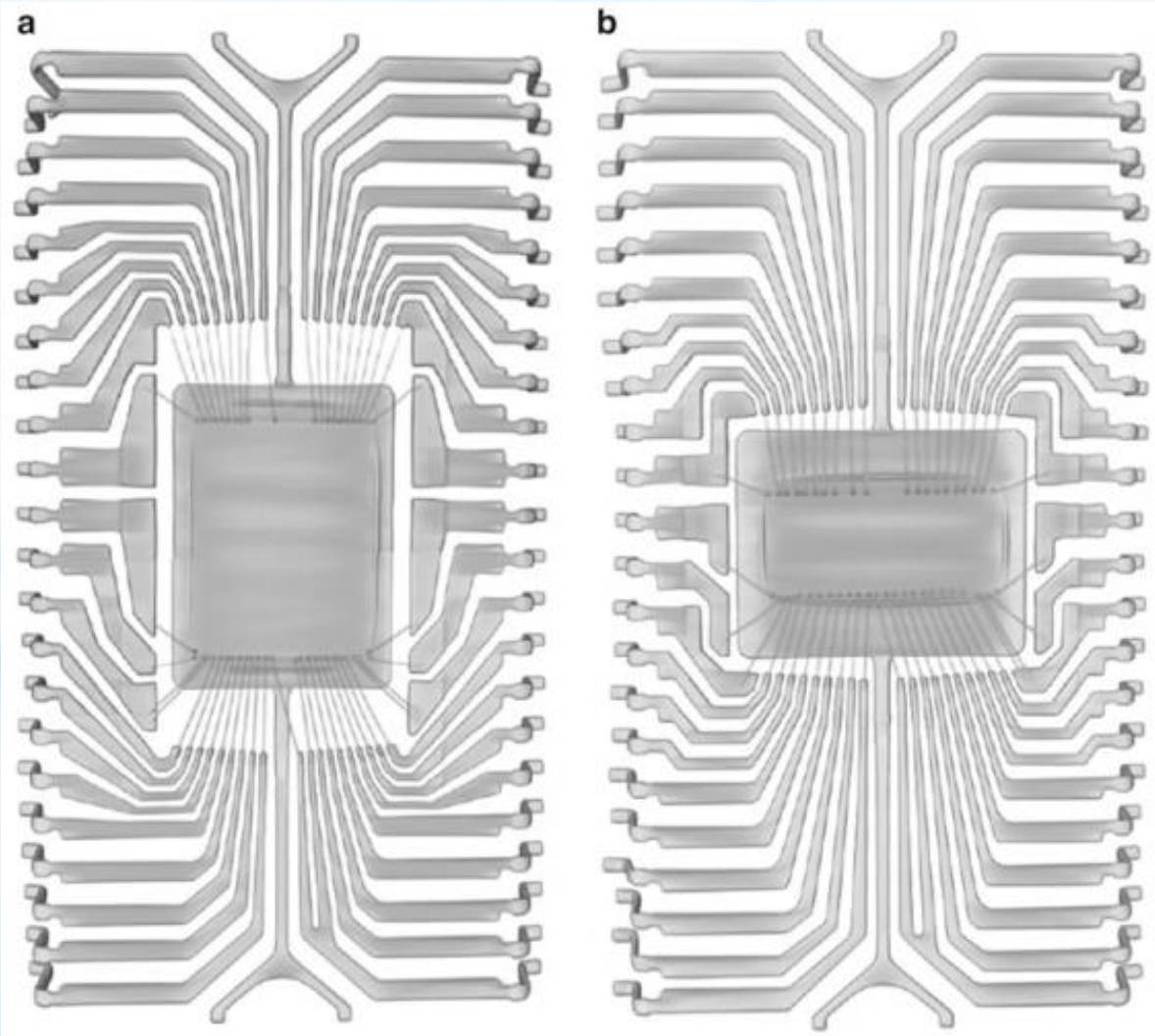


Fig. 3.29 Different lead frame structures (a) Authentic die (b) Rotated die

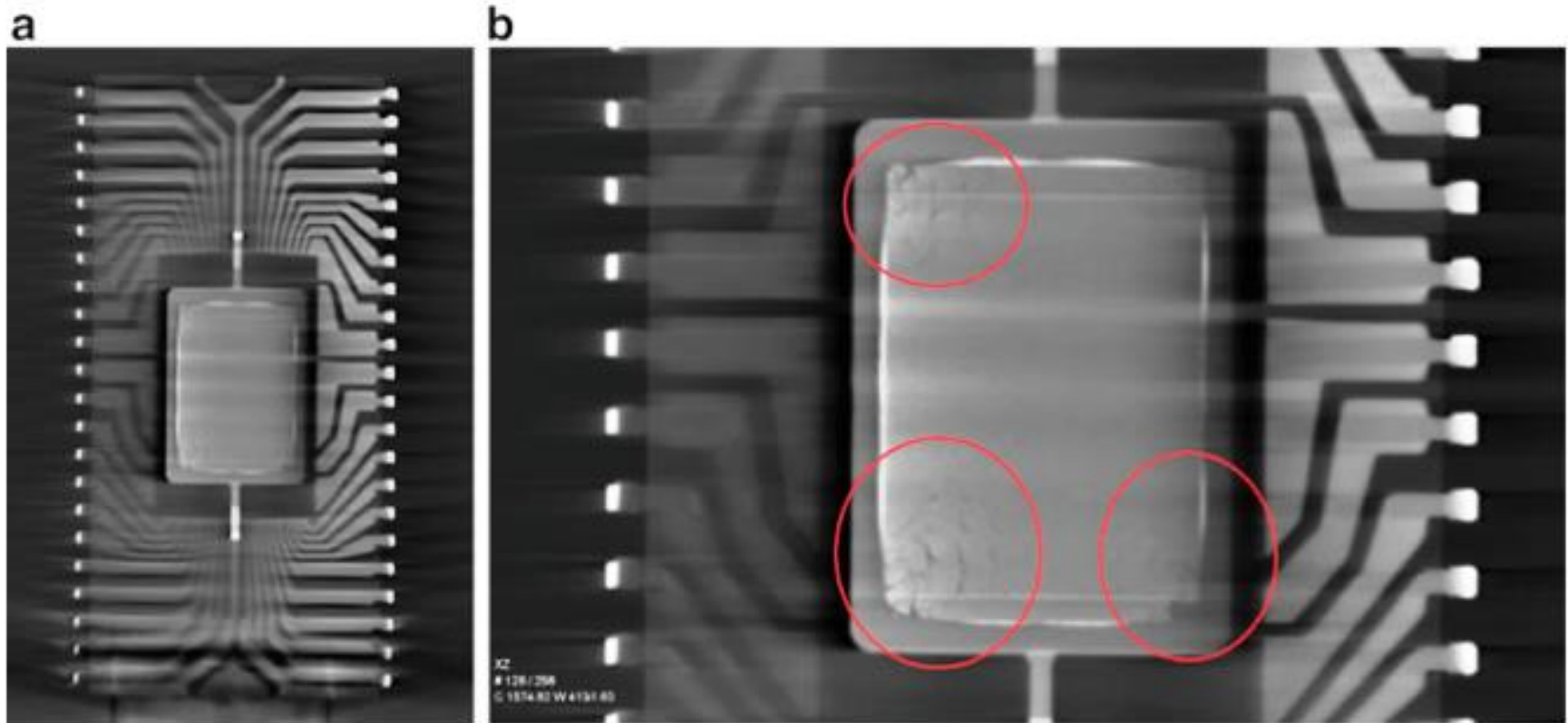


Fig. 3.33 Damaged die (a) X-Ray image of an Intel flash memory (b) Damaged corner encircled in red

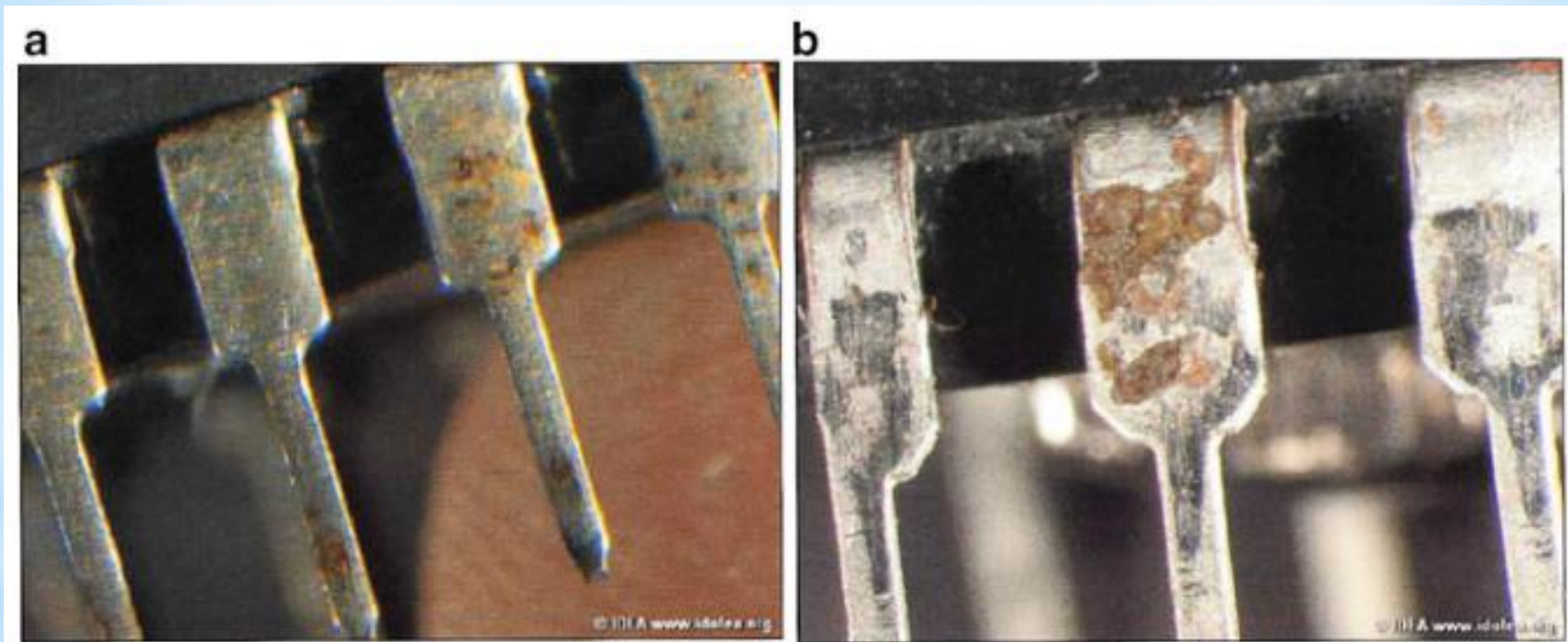


Fig. 3.35 Oxidation on the leads of an IC [5] (a) Lead contamination by oxidation (b) Oxidation on shoulder of lead

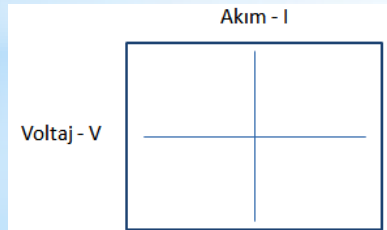


Bu kısımda elektronik malzeme arızalarının tespitinde dünyada en çok kullanılan metot olan empedans karakteristik eğrisinin (VI) kıyaslanması metodunun, orijinal ve sahte malzemelerin kıyaslanmasında nasıl kullanıldığı anlatılacaktır.

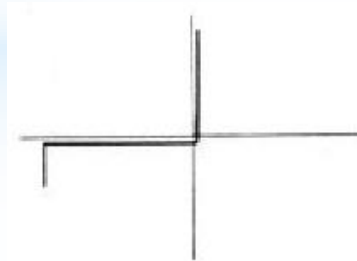
Yapılan literatür taramasında bu konuda detaylı ve ara yüz yazılımı ile desteklenmiş başka bir akademik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bakımdan çalışma ilk olma niteliğindedir.

3.1. Empedans Karakteristik Eğrisi Test Metotlarının Temelleri ve Empedans Karakteristik Eğrisinin Elde Edilmesi

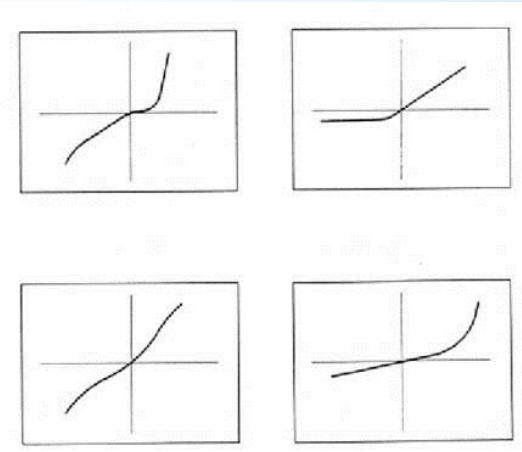
Ohm kanunundan bilindiği gibi Voltaj / Akım oranı, direnci verir. Kondansatör ve bobin gibi direnç değeri frekansa göre değişen elektronik malzemeler de direnç kavramına dahil edilirse, genel ismi 'empedans' veya kısaca 'VI' olur. Bazı kaynaklarda; Empedans test veya ASA (Analog Signature Analyse- Analog Sinyal Analizi) testi de denir. VI eğrilerinde yatay eksen gerilim, dikey eksen ise akımı göstermektedir.



VI Test Cihazı Ekranı



Zener Diyot VI Eğrisi

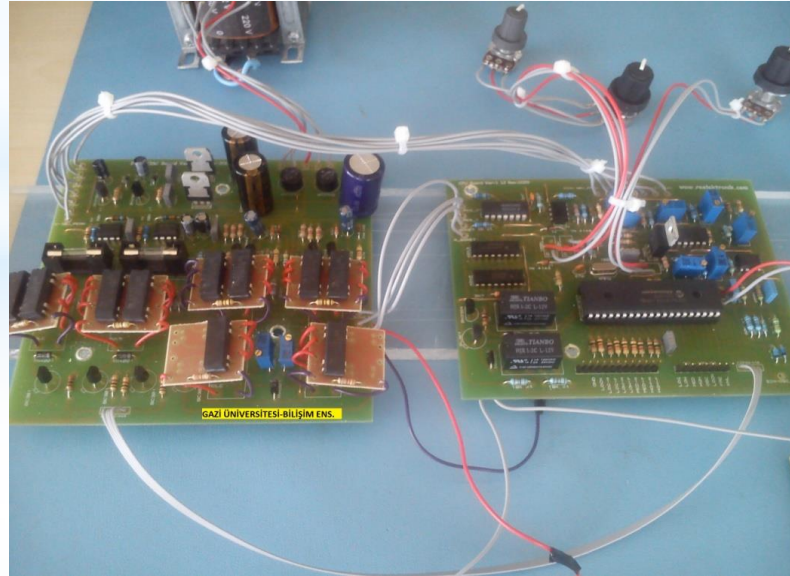


Arızalı Zener Diyot VI Eğrileri



3.2. VI Eğrileri Eldesinde Kullanılacak Elektronik Devrenin Tasarlanması

Elektronik malzemelerin VI eğrilerini elde etmek için, çeşitli + ve – değerli gerilim ve akım değerleri elektronik malzemeye verilmelidir. Elektronik malzemeden alınan elektriksel cevaplar bir ekrana aktarılmalıdır. Bu tez çalışması için elektronik malzemelerin VI eğrilerini otomatik şekilde yapan test cihazı geliştirilmiştir.



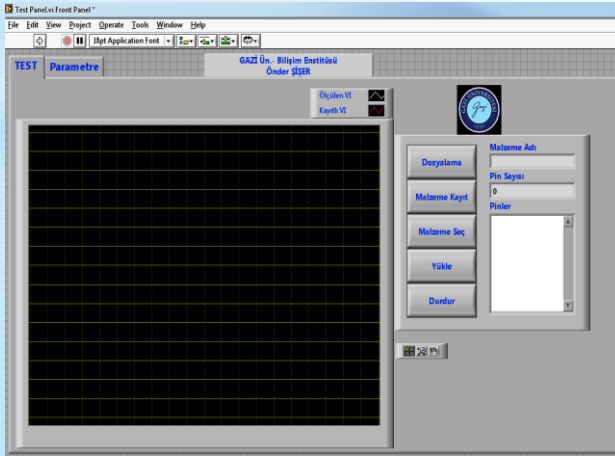


3.3. Labview Yardımıyla VI Eğrileri Arayüzünün Hazırlanması

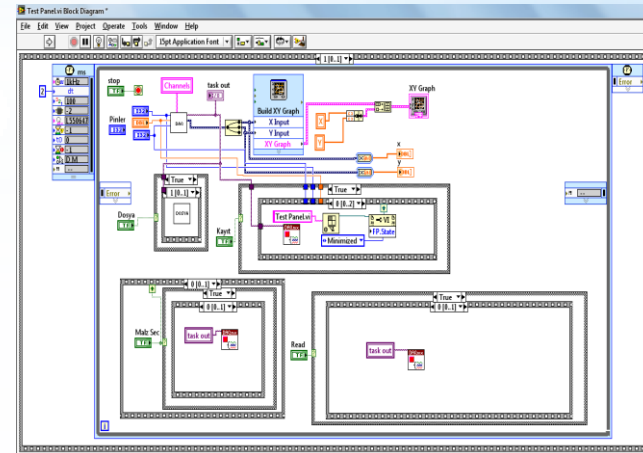
Yapılan elektronik devre yardımıyla test edilecek elektronik malzemelerden elde edilen test sinyallerinin, bilgisayar ortamına X-Y grafik ve .txt verileri şeklinde alınması gerekmektedir. Bunun için yapılan araştırmada National DAQmx veri kayıt modülü (data logger) uygun görülmüştür. Bu modül ile en verimli ve uygun çalışan aynı firma üretimi Labview yazılımı tercih edilmiştir.

3.3.1. Labview programı

LabVIEW ekranı “Block Diagram” ve “Front Panel” olmak üzere iki ana kısımdan oluşur.



VI Test Cihazı Labview Arayüzü Front Paneli

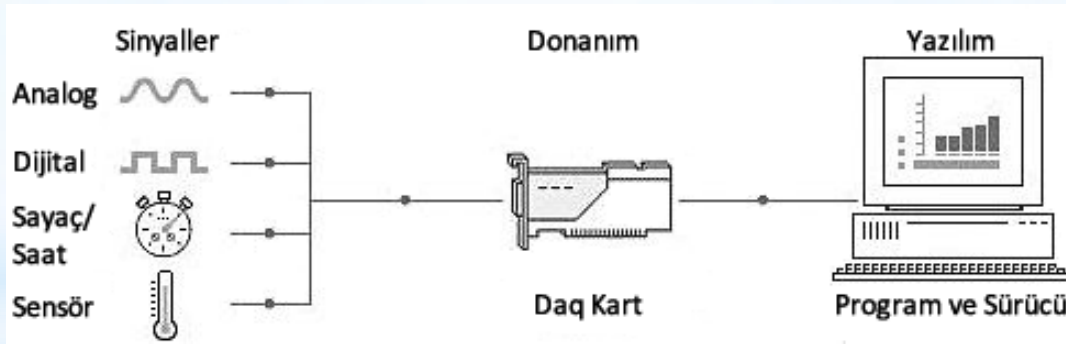


VI Test Cihazı Labview Block Diagram'ı



3.3.2. Haberleşme modülünün seçimi

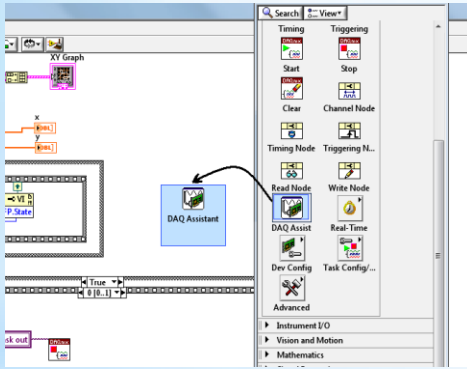
Labview ile çalışmaya uygun modüller içerisinde, PC ile USB portundan haberleşecek, NI USB-DAQMX-6008 modülü uygun görülmüştür. Bu modülün seçilmesinde fiyat uygunluğu, performansı ve daha önce yapılan proje çalışmalarından iyi bilinen modül olması kriter olmuştur.



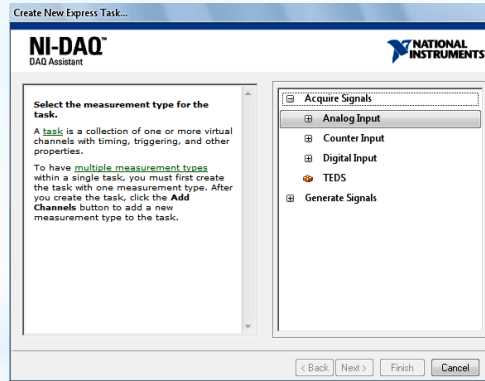
3. EMPEDANS KARAKTERİSTİK EĞRİLERİ İLE TEST DÜZENİĞİNİN TASARLAMASI

3.3.3. Labview DAQmx modülünün yapılandırılması

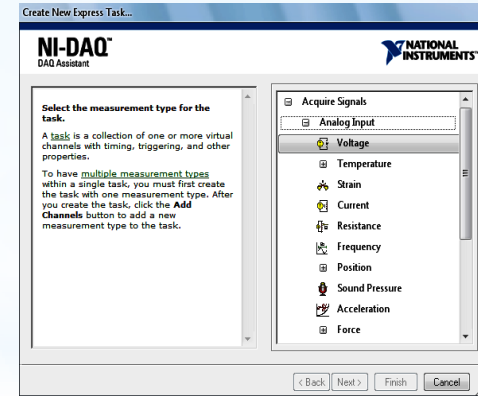
Modülün test çalışmasına uygun yapılandırılması yapılmaktadır.



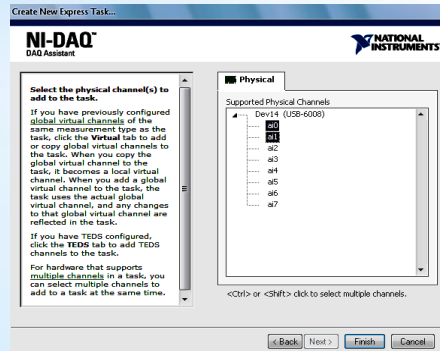
DAQmx asistanının proje çalışmasına alınması



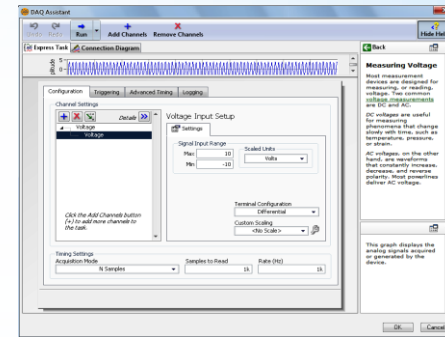
DAQmx analog giriş kanalı ayarı



DAQmx analog giriş şekli seçimi



DAQmx analog giriş kanal adı seçimi



DAQmx kanal konfigürasyonunun yapılması



4.1. Test Çalışması İçin Elektronik Malzeme Temini

Taklit elektronik malzeme testlerinde kullanılmak üzere; **6 kalem ve her bir kalemden 5'er adet malzeme temin edilmiştir. Bu 5 adet malzemenin; 2 adedi orijinal ve 3 adedi ise yurtiçindeki farklı firmalardan temin edilmiştir.** Orijinal malzemeler California (USA)'daki orijinal malzeme (OEM) üretici firmalarından kargo yoluyla satın alınmıştır. Diğer 3 adet malzeme yurtiçinde en çok malzeme satışı yapan 3 farklı firmaya aittir. Bu yerli firma satıcıları test çalışmasında; S, K ve Ç harfleri ile ifade edileceklerdir.

	ELEKTRONİK MALZEME	AÇIKLAMA
1	PIC16F877A	Microchip ailesinden, mikrodenetleyici, 40 Pin, DIP kılıf yapısında
2	74HC00	TTL ailesinden lojik kapı, 4'lü NAND, 14 Pin, DIP kılıf yapısında
3	LF353	OPAMP, 8 pin, DIP kılıf yapısında
4	7805	+5V, Pozitif Regülatör, 3 pin, TO220 kılıf yapısında
5	BC237	NPN Transistör, 3 pin, TO92 kılıf yapısında
6	1n4007	Diyot, 2 pin, DO-41 kılıf yapısında

Test edilecek elektronik malzemeler



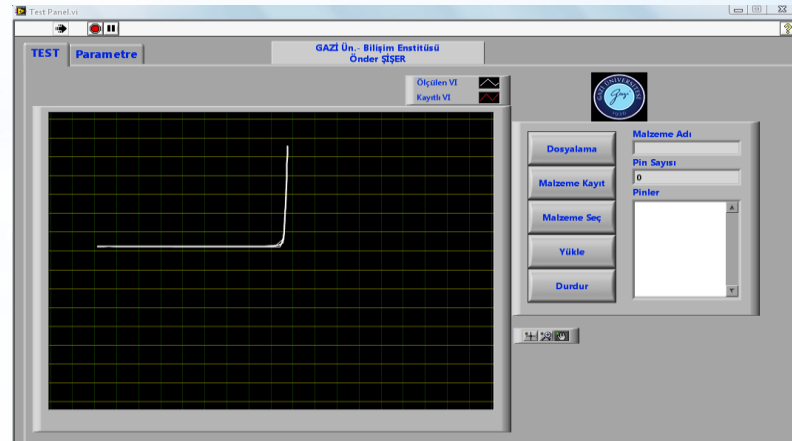
4.2. Elektronik Malzemelerden VI Eğrilerinin Elde Edilmesi

Test edilen malzemelerden alınan VI eğri değerleri; X-Y grafik görüntüsü ve .txt formatında gerilim değerleri tablosu şeklinde oluşturulan arayüz yardımıyla alınabilmektedir. Resimde arayüz yazılımında görülen VI eğrisi görülmektedir.

Elektronik malzemenin her bacağından sırayla eğrileri oluşturan koordinat bilgileri .txt formatında alınmış ve diğer malzemelerden alınanlar ile kıyaslanmıştır.



Test düzeneği ve Antistatik test ortamı

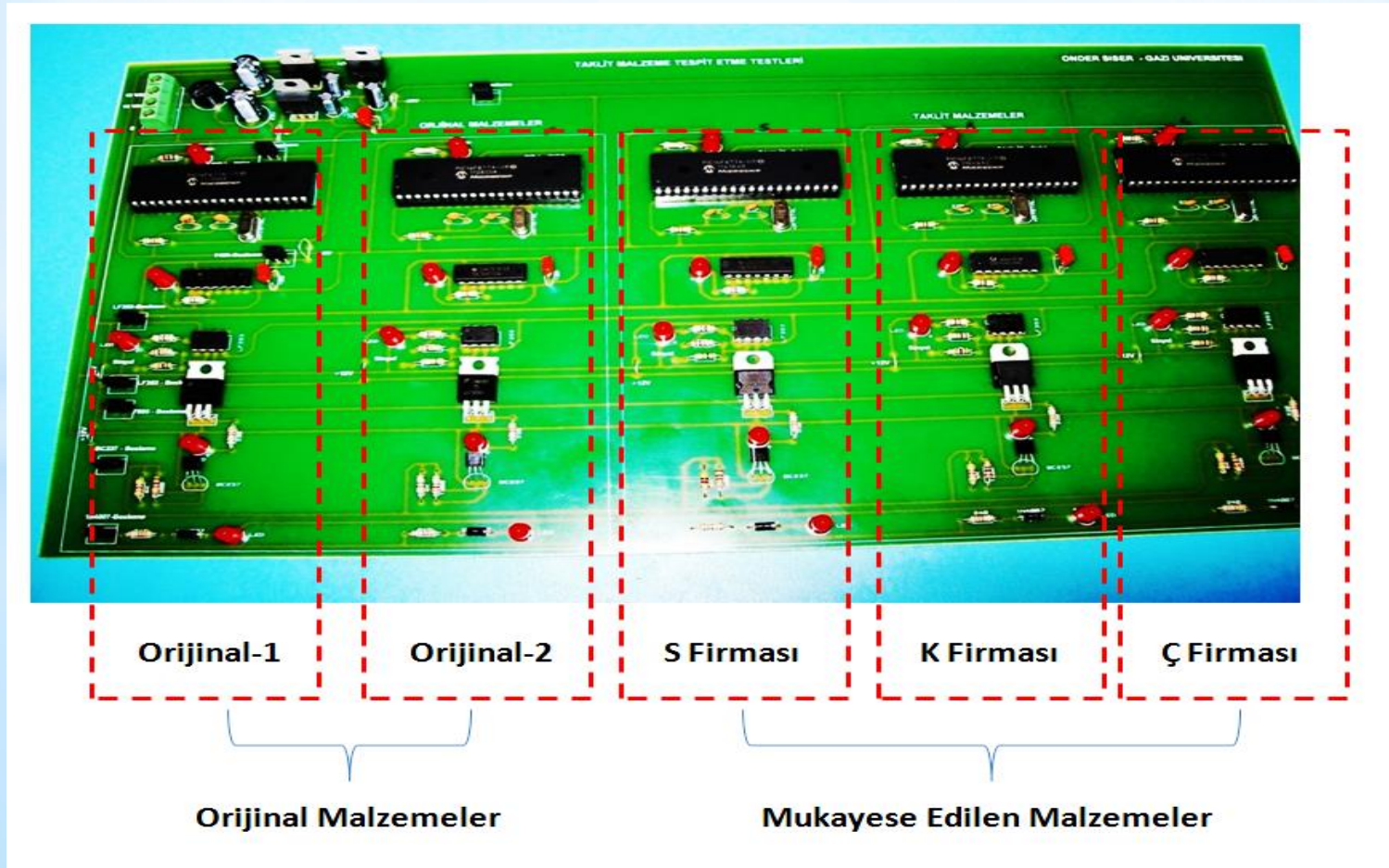


Diyot VI eğrisi

4. VI TEST DÜZENEĞİ İLE ELEKTRONİK MALZEME TESTLERİNİN YAPILMASI VE YORUMLANMASI



Resimde test için oluşturulan elektronik kart ve üzerindeki malzemeler görülmektedir. Orijinal malzemeler kendi arasında ve piyasadan temin edilen malzemelerle mukayese edilmiştir.

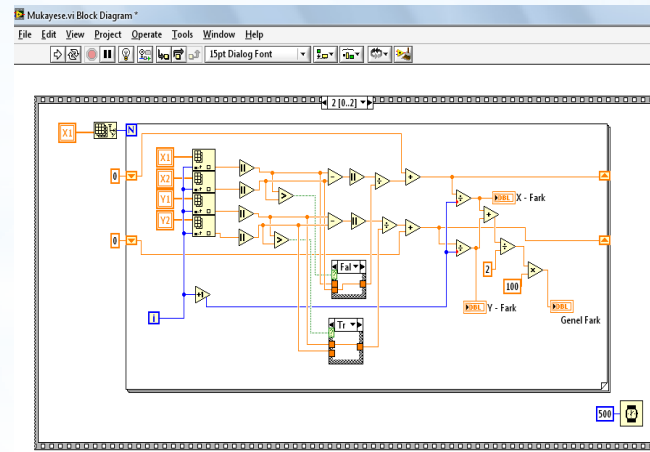


Malzeme test kartı



4.4. VI Eğrilerinin Karşılaştırılmasında Kullanılacak Labview Arayüz Yazılımının Tasarlanması

Orijinal malzemelerden elde edilen VI eğrileri ile diğer malzemelerden elde edilen VI eğrilerinin yazılım yardımıyla karşılaştırılması için labview ile bir arayüz hazırlanmıştır.

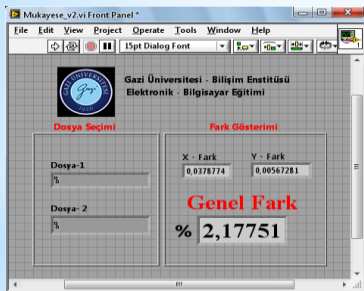


Karşılaştırma programı blok ve ön panel görüntüleri

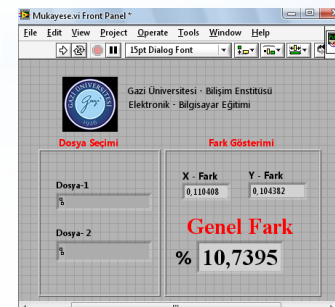
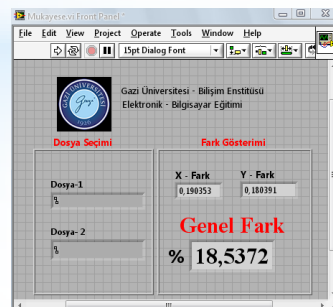
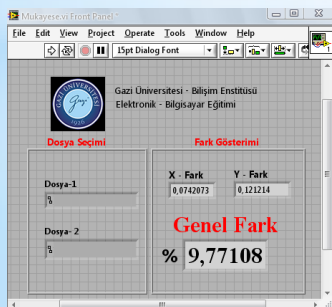
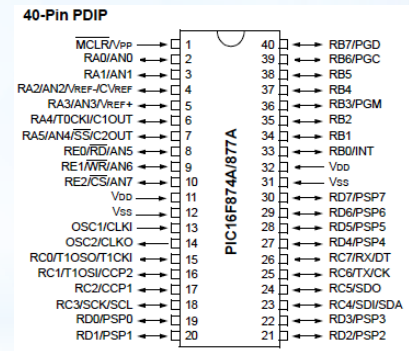
$$YuzdeOrtalama = \left(\frac{1}{120} * \sum_1^{120} \frac{|X1 - X2|}{|X1|} \right) * 100 \quad \text{İstatiksel bağıl hata oranı yüzde formülü}$$

4.5. PIC16F877A VI Eğrilerinin Yorumlanması

Orijinal malzemeler ile S, K ve Ç kodlu firmalardan temin edilen eğriler, tüm bacaklar için ayrı ayrı elde edilmiştir. Sağlam malzemeler arasında yapılan karşılaştırma testleri, yaklaşık **%5'e** kadar olan farklılıkların elektronik malzeme üretim tolerans farklılığı olarak kabul edilebilir ve öngörülebilir olduğunu göstermiştir.



Piclerin bir bacağındaki fark yüzdesi

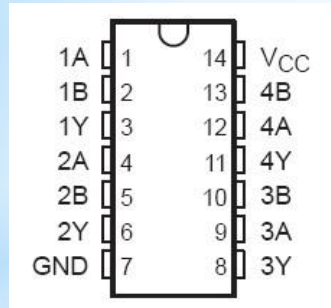


Yukarıdaki resimlerde, 13 ve 14 nolu 'OSC' bacaklarına proplarla doğrudan dokunularak elde edilen original IC VI eğrileri, birbirleri arasında aynı eğrileri verirken, S, K ve Ç malzemelerinden alınan eğriler tolere edilebilir oranın dışında farklılıklar göstermiştir. Orijinal malzemelerde bu fark %2 ler seviyesindedir.



4.6. 7400 VI Eğrilerinin Elde Edilmesi ve Yorumlanması

VI eğrileri elde edilirken entegrenin GND bacağı referans olarak kullanılmıştır. Test kademesi 2 ölçümlerde kullanılmıştır. Aşağıda orijinal malzemelerin kendi aralarında ve orijinal-1 malzemesi ile S,K ve Ç malzemeleri arasındaki ortalama fark oranları görülmektedir. Yapılan ölçümler orijinal malzemeler arasında tolere edilebilir oranın **%10** 'lar seviyesinde olabileceğini öngörmektedir.



74HC00 Pinleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	10,4920	10,5180	10,5050
2	6,9632	9,1368	8,0500
3	10,7530	9,7570	10,2550
4	8,6496	9,9404	9,2950
Genel % Fark			9.5262

Orijinal-1 ve 2 malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	10,7034	27,2214	18,9624
2	10,1634	22,4308	16,2971
3	20,4321	35,3809	27,9065
4	11,9962	27,1894	19,5928
Genel % Fark			20,6897

Orijinal-1 malzemesi ile 'K' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	7,5043	19,6403	13,5723
2	6,3872	11,7984	9,0928
3	9,2434	11,3106	10,2720
4	4,5782	13,4448	9,0115
Genel % Fark			10,4871

Orijinal-1 malzemesi ile 'S' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

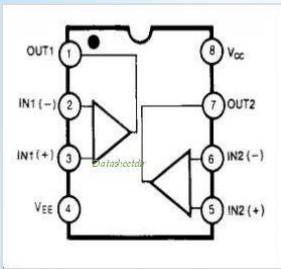
Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	11,8027	19,0237	15,4132
2	11,9592	17,0632	14,5112
3	28,4032	38,6422	33,5227
4	12,5841	19,2781	15,9311
Genel % Fark			19,8445

Orijinal-1 malzemesi ile 'Ç' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri



4.8. LF353 VI Eğrilerinin Elde Edilmesi ve Yorumlanması

–Vcc bacağı VI ölçümleri için referans olarak kullanılmıştır. Bu değerler LF353 VI eğrileri tolere edilebilir fark oranının yaklaşık **%8** olduğunu göstermektedir.



LF353 iç yapısı ve bacak isimleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	14,1512	14,0586	14,1049
2	2,4467	2,9181	2,6824
3	5,7093	6,2141	5,9617
Genel % Fark			7,5830

Orijinal-1 ve 2 malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	52,1486	56,9548	54,5517
2	19,1643	14,0419	16,6031
3	32,6773	33,9167	33,297
Genel % Fark			34,8173

Orijinal-1 malzemesi ile 'K' malzemesi Arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	51,3919	57,1085	54,2502
2	15,8743	9,6317	12,7530
3	32,5035	33,2751	32,8893
Genel % Fark			33,2975

Orijinal-1 malzemesi ile 'S' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

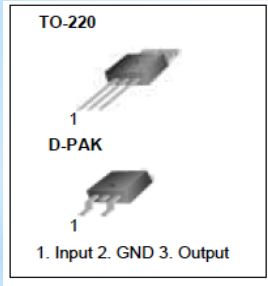
Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	52,1392	57,0672	54,6032
2	19,4153	14,2731	16,8442
3	32,2739	33,8353	33,0546
Genel % Fark			34,8340

Orijinal-1 malzemesi ile 'Ç' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri



4.10. 7805 VI Eğrilerinin Elde Edilmesi ve Yorumlanması

VI test işlemlerinde elde edilen eğriler 2 nolu bacak olan 'GND' referans alınarak sırasıyla '1' ve '3' nolu bacaklardan elde edilmiştir. Test kademesi-2 kullanılmıştır.



7805 bacak isimleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	5,8654	5,3803	5,62288
2	10,7154	11,9268	11,3211
Genel % Fark			8,4719

Orijinal-1 ve 2 malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	7,4332	9,7091	8,57116
2	15,6783	17,1221	16,4002
Genel % Fark			12,4856

Orijinal-1 malzemesi ile 'S' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	12,3152	7,04302	9,67911
2	11,7126	7,5255	9,61906
Genel % Fark			9,6490

Orijinal-1 malzemesi ile 'K' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin No	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
1	7,4652	8,4196	7,9424
2	13,5472	11,7628	12,6550
Genel % Fark			10,2987

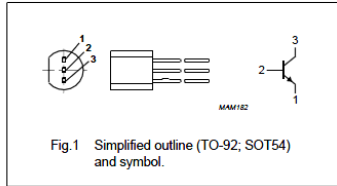
Orijinal-1 malzemesi ile 'Ç' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri



4.12. BC237 VI Eğrilerinin Elde Edilmesi ve Yorumlanması

Test kademesi-3 ile sırasıyla; b-c (base-collector), b-e (base-emitter), c-e (collector-emitter) bacaklarından ölçüm yapılmıştır. S, K ve Ç malzemeleri ile Orijinal-1 malzemesi arasındaki farkların yüksek oranda olması bu malzemelerin taklit malzeme olma ihtimalini göstermektedir.

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



BC237 bacak isimleri

Pin Adı	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
B-E	3,4027	3,4481	3,42543
B-C	1,7984	0,45648	1,12744
Genel % Fark			2,2764

Orijinal-1 ve 2 malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin Adı	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
B-E	12,3596	22,4324	17,3960
B-C	13,4138	5,8140	9,6139
Genel % Fark			13,5049

Orijinal-1 malzemesi ile 'K' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

Pin Adı	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
B-E	10,9725	18,5311	14,7518
B-C	7,3384	3,02422	5,18131
Genel % Fark			9,9665

Orijinal-1 malzemesi ile 'S' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri

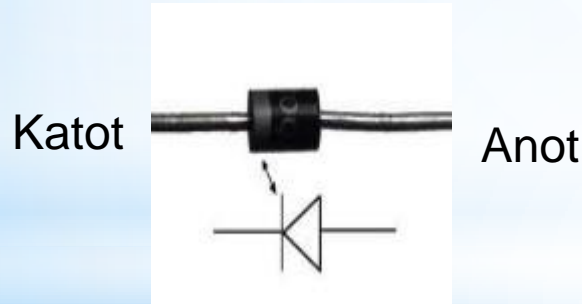
Pin Adı	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
B-E	5,0032	8,3997	6,70148
B-C	11,1728	4,3557	7,76429
Genel % Fark			7,2328

Orijinal-1 malzemesi ile 'Ç' malzemesi arasındaki bazı karşılaştırma değerleri



4.14. 1N4007 VI Eğrilerinin Elde Edilmesi ve Yorumlanması

VI eğrileri diyotların anot-katot isimli iki bacağına doğrudan temas edilerek, test kademesi-2 ile elde edilmiştir. S, K ve Ç malzemesi fark oranları % 6,7 tolaransının dışında olduğu görülmüştür. Taklit malzeme olması ihtimalleri vardır.



Malzeme Adı	X-Fark %	Y-Fark %	Ortalama % Fark
Orijinal-2	10,3127	3,09596	6,70433
S	12,4373	3,40156	7,91943
K	10,8552	3,9424	7,39880
Ç	14,2652	6,5374	10,4013

1N4007 Orijinal-1 malzemesi ile diğer malzemeler arasında karşılaştırma değerleri



Bu bölümde daha önceden belirlenen malzeme fotoğrafları MATLAB yardımı ile karşılaştırılarak orijinal olup olmadığının belirlenmesi için bir kriter elde edilmeye çalışılmıştır.

5.1. Digital Görüntülerin Elde Edileceği Test Düzeneği

Elektronik malzeme kılıfı üzerindeki görüntünün bilgisayar ortamına alınması için dijital mikroskop kullanıldı. Antistatik ortamlı test laboratuvarında hazırlanan test düzeneği aşağıda Resim 5.2' de görülmektedir. Mikroskop kamerası platforma, platform ise masaya sabitlenmiştir.



Testte kullanılan dijital mikroskop



Görüntü alma çalışması düzeneği



5.2. Görüntülerin Karşılaştırılması İçin Kullanılan Yöntemler

Bu kısımda elektronik malzemelerden elde edilen görüntülerin karşılaştırılması için kullanılan yöntemler hakkında kısaca bilgiler verilecektir. Orijinal malzemeler ve piyasadan temin edilen elektronik malzemelerin görüntülerinin fiziksel karşılaştırılması için **MATLAB** programı kullanılmıştır. Karşılaştırma işlemleri malzeme isim yazıları, logosu ve yüzeyinin incelemesi için gerçekleştirilecektir. Bu bölümde; korelasyon, histogram ve histogram oranı, örüntü karşılaştırma ve yapısal benzerlik indeksi elde edilen resimlerin karşılaştırılması için kullanılmıştır.

Korelasyon

Korelasyon fonksiyonu ile iki resimin kıyaslanması işlemidir. Bunun için MATLAB yazılımının 'c = corr2(A,B)' komutu kullanılmıştır. Bu fonksiyonda aynı büyüklükteki A ve B resim matrisleri vektörleri, korelasyon katsayısı fonksiyonuna tabi tutularak sonuç 'c' ye atanmaktadır.

Histogram ve Histogram Oranı

Resim histogramların yorumlanması için histogram grafiklerinin üstüste konulması yapılmıştır. Değişik tonlara sahip olan pixeller alınarak sayılmakta ve grafiği elde edilmektedir.



5.2. Görüntülerin Karşılaştırılması İçin Kullanılan Yöntemler (devam)

Örüntü Karşılaştırma

Bu programda iki resim pikselleri arasında piksellerin kıyaslanması işlemi yapılmaktadır. Öncelikle MATLAB edge fonksiyonu kullanılarak sınır değerleri tespit edilmiştir. Sonra resimlerdeki siyah ve beyaz noktalar tespit edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Siyah ve beyaz piksellerin benzerliği yüzde cinsinden hesaplanmıştır. Ayrıca bir 'GUI' arayüz oluşturulmuştur.

Yapısal Benzelik İndeksi

SSIM (Structural Similarity Index for measuring image quality) kelime manası olarak görüntü kalitesi ölçümü için yapısal benzerlik indeksi demektir.

`ssimval = ssim(A,ref)` ; komutu, Resim A'nın SSIM oranını, referans bir resim kullanarak hesaplar.

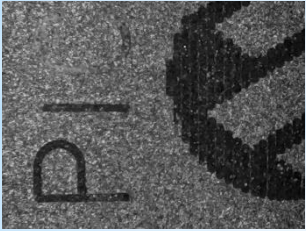
`[ssimval,ssimmap] = ssim(A,ref)` ; komutu A resminin her bir pikseli için SSIM değerini verir.



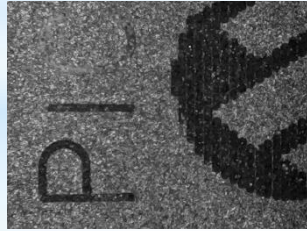
5.3. Karşılaştırma Sonuçları

Karşılaştırma yapılırken malzeme fotoğraflarının fiziksel görüntüleri malzeme isim yazıları, logosu ve yüzeyinin incelemesi baz alınmıştır. Karşılaştırma için örnek olarak PIC16F877A Entegresi, 74HC00 Entegresi, LF353 Entegresi, LM7805 Entegresi, BC237 transistörü ve 1N4007 diyodundan elde edilen resimler kullanılmıştır.

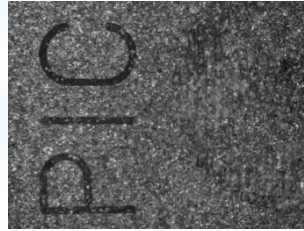
5.3.1. PIC16F877 entegresi için resimlerin kıyaslanması



Pic-Orijinal-1



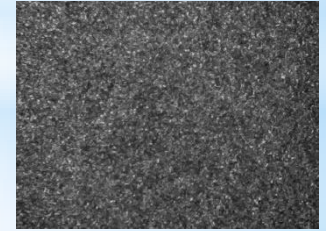
Pic-Orijinal-2



Pic-S



Pic- K



Pic- Ç

MATLAB ile oluşturulan yazılımlar PIC16F877A entegrelerinden elde edilen digital resimlere uygulanmıştır. Orijinal iki malzeme kendi aralarında ve orijinaler ile piyasadaki temin edilen; S, K ve Ç malzemeleri arasında kıyaslama işlemine tabi tutulmuşlardır.

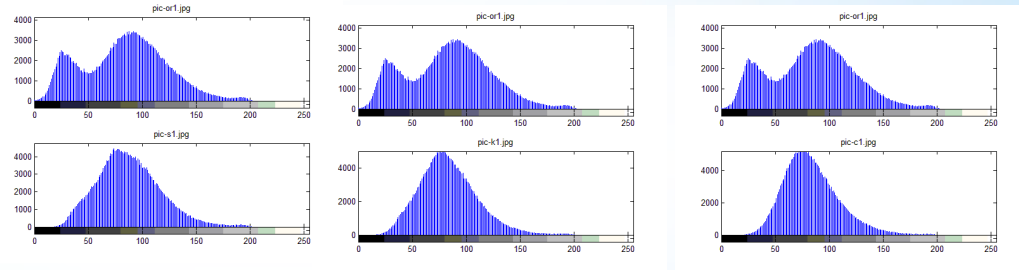
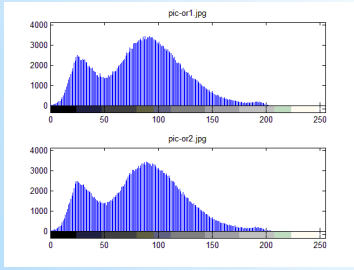
5. ELEKTRONİK MALZEME GÖRÜNTÜLERİNİN ALINMASI VE MATLAB YARDIMIYLA İNCELENMESİ



Mukayese Edilen Malzemeler	Korelasyon (1)	Histogram Farkı (%) (0)	Örüntü Benzerlik (%) (100)	SSIM Karşılaştırma (1)
Orijinal-1 Orijinal-2	0,6499	0,0050	83,4017	0,9384
Orijinal-1 S	0,0294	6,7424	19,6287	0,0851
Orijinal-1 K	0,0040	3,7620	19,573	0,0912
Orijinal-1 Ç	0,0101	4,8206	19,8973	0,0852
Orijinal-2 S	0,0300	6,7291	19,4633	0,0847
Orijinal-2 K	0,0039	3,8038	19,2498	0,0907
Orijinal-2 Ç	0,0080	4,8689	19,6525	0,0865

PIC16F877A entegresi mukayese değerleri

Korelasyon programı sonucu resimler birebir aynı ise sonuç '1' değerini vermektedir. Histogram farkı (%) programı sonucu resimler birebir aynı ise '0' değerini vermektedir. Örüntü karşılaştırma programı sonucu resimler birebir aynı ise '100' değerini vermektedir. SSIM fonksiyonu karşılaştırması resimler birebir aynı ise '1' değerini vermektedir.



PIC-orijinal1 ve S, K ve Ç histogramları

PIC-orijinal1 ve PIC-orijinal2 histogramları

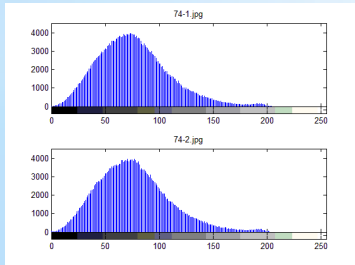


5.3.2. 74HC00 entegresi için resimlerin kıyaslanması

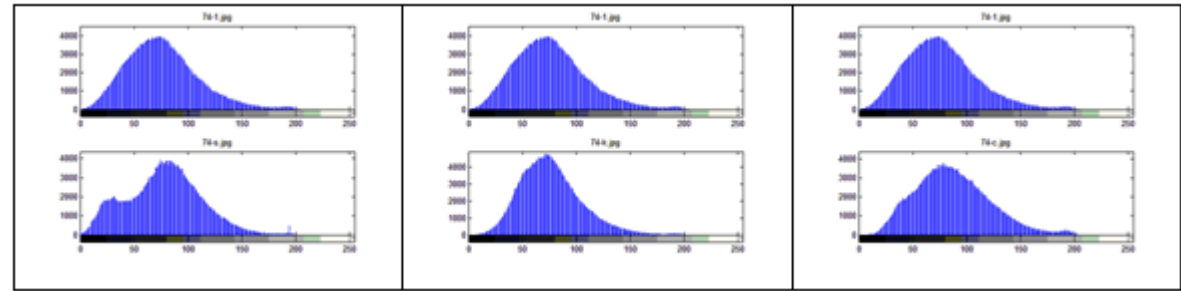
MATLAB ile oluşturulan yazılımlar, 74hc00 entegrelerinden elde edilen digital resimlere uygulanmıştır.

Mukayese Edilen Malzemeler	Korelasyon (1)	Histogram Farkı (%) (0)	Örüntü Benzerlik (%) (100)	SSIM Karşılaştırma (1)
Orijinal-1 Orijinal2	0,7108	0,0030	82,215	0,9457
Orijinal-1 S	0,0043	5,3343	18,2251	0,0719
Orijinal-1 K	0,0324	5,4998	17,9819	0,0777
Orijinal-1 Ç	0,0459	0,8346	18,6990	0,0669
Orijinal-2 S	0,0044	5,3500	18,4766	0,0717
Orijinal-2 K	0,0326	5,5491	17,9635	0,0774
Orijinal-2 Ç	0,0448	0,8323	18,8241	0,0668

74HC00 entegresi mukayese değerleri



74hc00 orijinal1 ve orijinal-2 histogramları



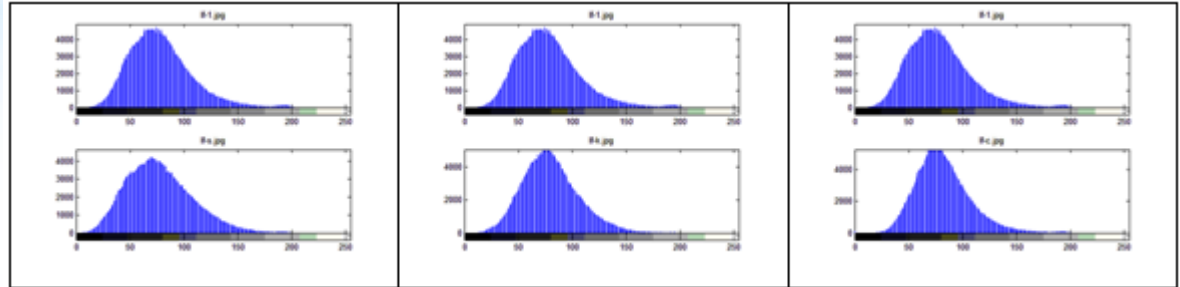
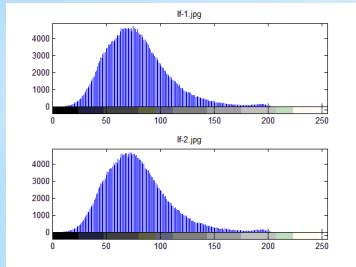
74HC00 orijinal-1 ve S, K ve Ç histogramları



5.3.3. LF353 entegresi için resimlerin kıyaslanması

Mukayese Edilen Malzemeler	Korelasyon (1)	Histogram Farkı (%) (0)	Örüntü Benzerlik (%) (100)	SSIM Karşılaştırma (1)
Orijinal-1 Orijinal2	0,6122	0,0002	78,8885	0,9334
Orijinal-1 S	0,0506	9,2909	19,2211	0,1102
Orijinal-1 K	0,0244	2,6282	19,2879	0,1100
Orijinal-1 Ç	0,0212	7,7930	18,9814	0,1209
Orijinal-2 S	0,0523	9,3111	19,4858	0,1105
Orijinal-2 K	0,0215	2,6407	19,3442	0,1106
Orijinal-2 Ç	0,0218	7,8018	18,6988	0,1208

LF353 entegresi mukayese değerleri



LF353 orijinal1 ve PIC-orijinal2 histogramları

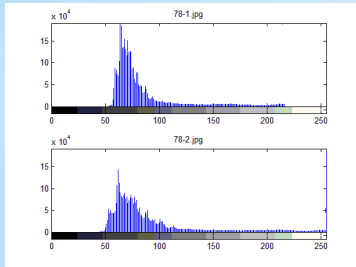
LF353 orijinal1 ve S, K ve Ç histogramları



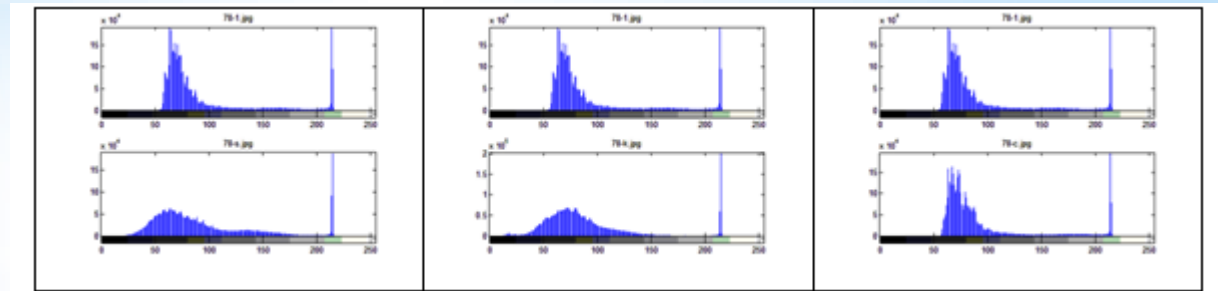
5.3.4. LM7805 entegresi için resimlerin kıyaslanması

Mukayese Edilen Malzemeler	Korelasyon (1)	Histogram Farkı (%) (0)	Örüntü Benzerlik (%) (100)	SSIM Karşılaştırma (1)
Orijinal-1 Orijinal2	0,6723	10,8727	65,8932	0,8771
Orijinal-1 S	0,5977	24,0927	12,6721	0,3966
Orijinal-1 K	0,1206	37,5604	9,2743	0,3091
Orijinal-1 Ç	0,5529	22,6889	9,4760	0,3562
Orijinal-2 S	0,5362	29,4573	8,5287	0,3345
Orijinal-2 K	0,1804	14,6320	8,5439	0,2703
Orijinal-2 Ç	0,4583	13,0383	9,3438	0,3246

LM7805 entegresi mukayese değerleri



LM7805 orijinal1 ve orijinal2 histogramları



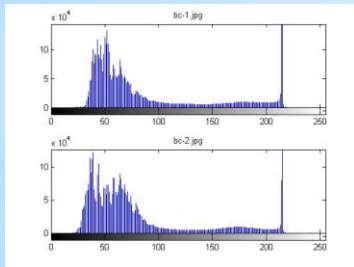
LM7805 orijinal1 ve S, K ve Ç histogramları



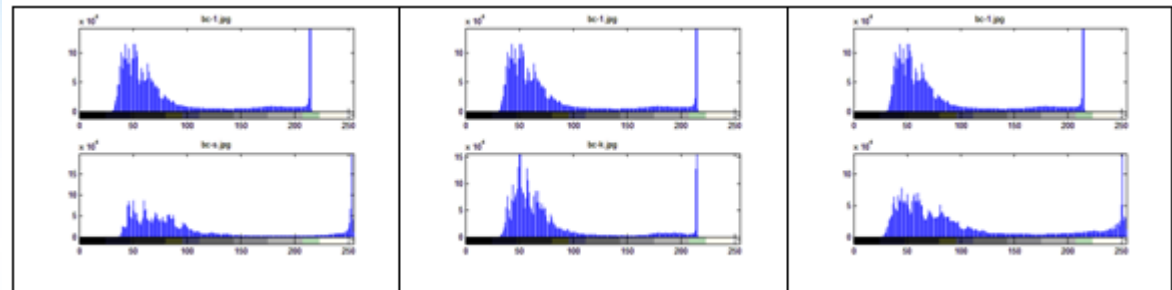
5.3.5. BC237 için resimlerin kıyaslanması

Mukayese Edilen Malzemeler	Korelasyon (1)	Histogram Farkı (%) (0)	Örüntü Benzerlik (%) (100)	SSIM Karşılaştırma (1)
Orijinal-1 Orijinal2	0,7548	6,2842	43,9298	0,9659
Orijinal-1 S	0,4374	17,7598	6,09078	0,4013
Orijinal-1 K	0,1058	16,6091	5,67240	0,3595
Orijinal-1 Ç	0,2413	16,3244	10,8639	0,3750
Orijinal-2 S	0,4184	28,2533	8,03613	0,3890
Orijinal-2 K	0,1384	18,4547	4,59281	0,3361
Orijinal-2 Ç	0,2446	20,6518	11,7801	0,3390

BC237 mukayese değerleri



BC237 orijinal1 ve orijinal2 histogramları



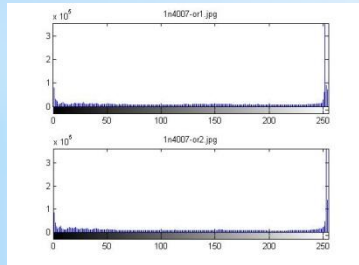
BC237 orijinal1 ve S, K ve Ç histogramları



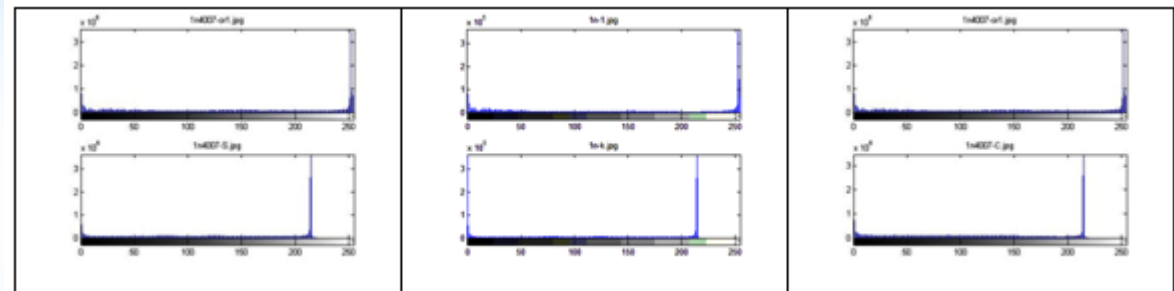
5.3.6. 1N4007 için resimlerin kıyaslanması

Mukayese Edilen Malzemeler	Korelasyon (1)	Histogram Farkı (%) (0)	Örüntü Benzerlik (%) (100)	SSIM Karşılaştırma (1)
Orijinal-1 Orijinal2	0,6120	4,8894	62,453	0,9482
Orijinal-1 S	0,1879	20,2726	4,8294	0,5701
Orijinal-1 K	0,0559	21,1117	3,2439	0,4616
Orijinal-1 Ç	0,0640	31,3849	3,4927	0,5637
Orijinal-2 S	0,2787	40,7047	2,5871	0,5587
Orijinal-2 K	0,0623	36,0728	3,5926	0,4631
Orijinal-2 Ç	0,1396	34,7831	3,4851	0,5647

1n4007 mukayese değerleri



1n4007 orijinal1 ve orijinal2 histogramları



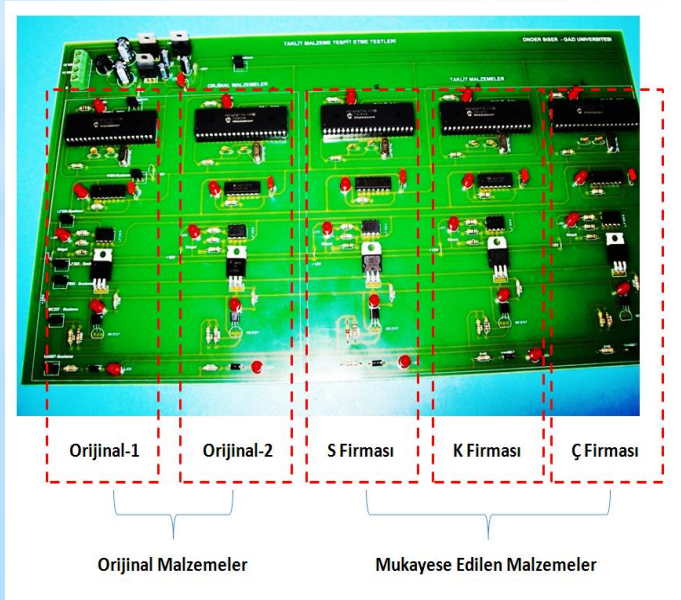
1n4007 orijinal1 ve S, K ve Ç histogramları



Bu bölümdeki çalışmada orijinal malzemeler ile taklit malzemelere uygun besleme gerilimleri verilerek, belirli sürelerde termal görüntüleri alınmıştır. Termal görüntü yazılımı ile elektronik malzeme sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. Orijinal ve piyasadan temin edilen elektronik malzemelerin ısı değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

6.1. Termal Test İçin Elektronik Devre Düzenekinin Hazırlanması

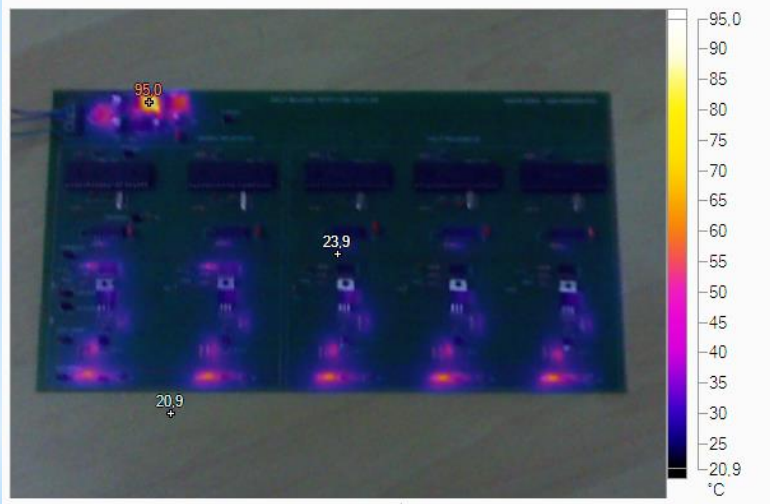
Tüm elektronik malzemelere aynı anda ve aynı oda şartlarında çalıştırmak için orijinal ve diğer malzemelerin üzerinde bulunduğu bir elektronik devre hazırlanmıştır. Resim 6.1.'de tasarlanan elektronik devre görülmektedir.



Fluke TI-29 cihazı

Termal test elektronik devresi

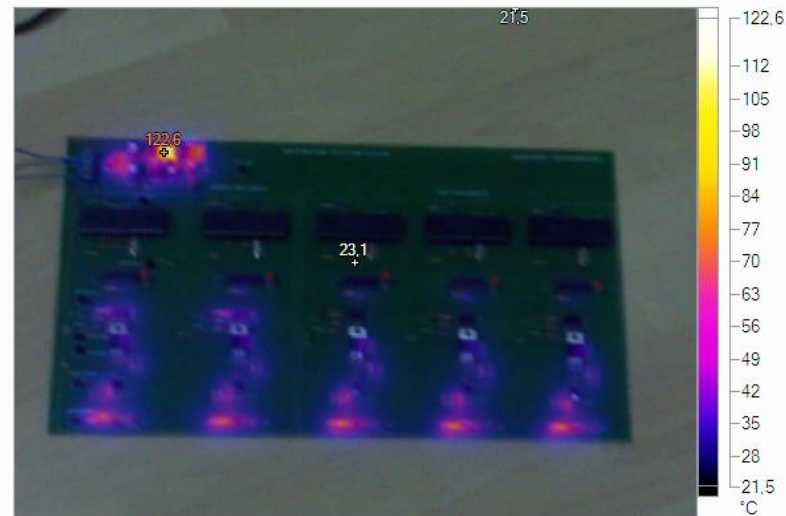
6. TERMAL GÖRÜNTÜLEME YARDIMIYLA TAKLİT ELEKTRONİK MALZEMELERİN BELİRLENMESİ



1 dakika sonra

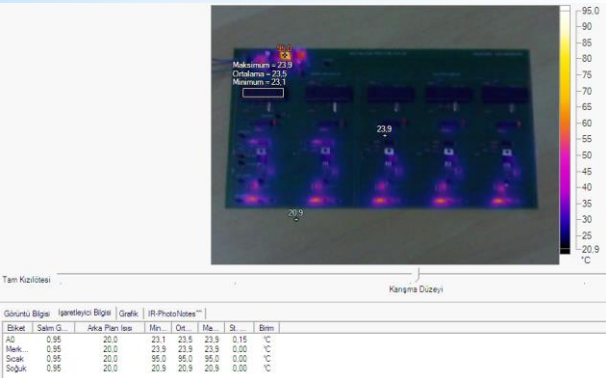
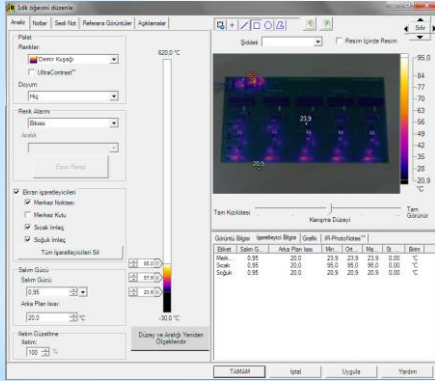


5 dakika sonra



20 dakika sonra

6.2. Termal Görüntülerin Elde Edilmesi ve Yorumlanması



Malzeme Adı	1 Dakika Sonu			5 Dakika Sonu			20 Dakika Sonu		
	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.
PIC-01	22,7	23,3	23,6	23,3	23,5	23,9	24,2	24,5	24,8
PIC-02	22,6	23,3	23,7	23,1	23,2	23,5	23,4	23,6	23,9
PIC-S	22,8	23,2	23,5	22,8	23,0	23,4	23,2	23,3	23,5
PIC-K	22,8	23,2	23,6	22,9	23,1	23,3	23,1	23,4	23,6
PIC-Ç	23,1	23,4	23,8	23,0	23,2	23,5	23,3	23,4	23,6
7400-01	24,3	25,1	26,2	24,9	25,7	26,4	26,1	26,6	27,1
7400-02	24,1	24,8	25,7	24,9	25,7	26,5	25,9	26,3	26,7
7400-S	23,9	24,4	25,0	24,1	24,6	25,0	24,5	25,0	25,5
7400-K	24,2	25,5	26,2	26,2	26,8	27,3	25,4	26,0	26,4
7400-Ç	24,0	24,8	25,1	24,8	25,2	25,5	25,4	25,6	26,0
LF353-01	31,7	32,8	33,5	35,0	36,1	36,9	36,6	37,7	38,4
LF353-02	31,5	32,8	33,8	34,9	36,4	37,4	37,3	38,0	38,8
LF353-S	23,4	23,8	24,2	23,9	24,2	24,6	24,6	25,1	25,4
LF353-K	23,8	24,2	23,8	24,4	24,6	24,8	25,0	25,3	25,8
LF353-Ç	23,7	24,0	24,3	23,7	24,0	23,7	24,4	24,8	25,2
7805-01	27,6	30,4	32,5	31,1	33,9	35,8	31,1	34,7	38,0
7805-02	27,3	30,6	32,6	30,9	33,9	36,1	33,2	35,7	37,7
7805-S	26,7	31,4	34,2	31,7	35,8	38,3	29,9	36,0	39,8
7805-K	25,9	29,3	31,7	30,9	33,6	35,0	27,8	32,1	36,1
7805-Ç	25,8	29,6	32,4	29,3	33,8	35,6	30,6	34,9	37,1
BC237-01	27,6	27,9	28,4	28,9	29,5	29,9	31,9	33,2	35,4
BC237-02	27,4	28,0	28,7	29,9	30,3	30,7	32,9	33,7	34,7
BC237-S	27,8	28,0	28,2	29,7	30,2	30,8	32,6	32,9	33,5
BC237-K	28,1	28,5	29,2	30,1	30,4	30,9	32,2	32,8	33,2
BC237-Ç	27,9	28,1	28,4	29,8	30,3	30,5	31,7	32,6	34,0
1n4007-01	31,4	34,4	37,3	37,9	40,1	42,1	37,6	43,2	49,0
1n4007-02	33,0	36,8	40,1	37,0	41,3	44,4	40,8	45,2	50,5
1n4007-S	34,4	37,5	40,0	39,7	42,7	44,5	43,4	45,8	48,0
1n4007-K	34,8	37,8	39,9	43,9	45,8	47,7	46,4	48,2	51,6
1n4007-Ç	33,0	37,3	41,3	40,0	43,5	46,2	41,0	45,6	50,9

Fluke Termal Görüntüleme ve Analiz Yazılımı

7. SONUÇ ve ÖNERİLER



Çizelgede tez çalışmasında yapılan testlerin özeti görülmektedir. **Testi geçenler ‘√’ işareti ile, testi geçemeyenler ise ‘X’ işareti ile gösterilmiştir.**

Orijinal malzemelerin kendi aralarındaki mukayese testleri test kriterlerini geçmiştir. Orijinal-1 ile S, K ve Ç malzemeleri arasındaki testlerde ise çoğunluğunun testlerden geçemedikleri görülmüştür. Termal testlerden geçen malzemelerin, daha uzun süreli termal testlerden geçemeyeceği öngörülmektedir. Test süresi 20 dakikadır.

Tez çalışması; empedans test, görüntü ve termal testlerinin elektronik malzemelerde taklit belirlemek için kriter olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Her konu sonunda taklit malzeme ihtimali olan malzemeler ile orijinal malzeme arasında keskin farklılıklar elde edilmiştir.

Satıcı Firma	Malzeme Adı	VI Karşılaştırma Testi	Görüntüleme Testleri	Termal Test
Orijinal-1 ve Orijinal-2	PIC16F877A	√	√	√
	74HC00	√	√	√
	LF353	√	√	√
	7805	√	√	√
	BC237	√	√	√
	1n4007	√	√	√
S	PIC16F877A	X	X	√
	74HC00	X	X	√
	LF353	X	X	X
	7805	X	X	√
	BC237	X	X	√
	1n4007	X	X	√
K	PIC16F877A	X	X	√
	74HC00	X	X	X
	LF353	X	X	X
	7805	X	X	X
	BC237	X	X	√
	1n4007	X	X	X
Ç	PIC16F877A	X	X	√
	74HC00	X	X	√
	LF353	X	X	X
	7805	X	X	√
	BC237	X	X	√
	1n4007	X	X	√



Özellikle kritik alanlarda kullanılan elektronik kartların onarımlarında veya üretimlerinde kullanılacak elektronik malzemelerin güvenilir olması, bir şüphe var ise, bu sunumda bazıları gösterilen **güvenilirlik testleri zorunlu hale getirilmelidir.**

Ülkemiz taklit elektronik malzeme ve cihaz çöplüğü haline gelmeden, akademik destekli devlet denetim mekanizmalarının kurulması ve işletilmesi gerekmektedir.

EMO olarak bu konuda girişimler ve öneriler, ilgili kurum ve kuruluşlara yapılmalıdır.

7. OEM MALZEME ÜRETİCİLERİNİN ALDIKLARI TEDBİRLER

OEM malzeme üreticileri, sahteciliği önlemek için IC kimliklendirme tedbirleri geliştirmeye devam etmektedirler.

Her bir entegre için özel kimliklendirme (ID-Identification) gerekmektedir. Bu özel ID'ler IC içindeki nano yapı kalıplarına (wafer) veya kılıfın üzerine işaretlenmelidir. Öncelikle elektriksel çalışma fonksiyonlarında, kritik testlerle anlaşılabilir ve taklit edilmesi zor olan özel akım, gerilim ve frekans değerleri konular (PUF). Fonksiyonel ID kısaca. Daha sonra fiziksel ID ler oluşturulabilir. Bunların bazıları; şifreli QR kodları, kılıf yapısının DNA'sı, nano altın çubuklardan oluşan özel kodlar.

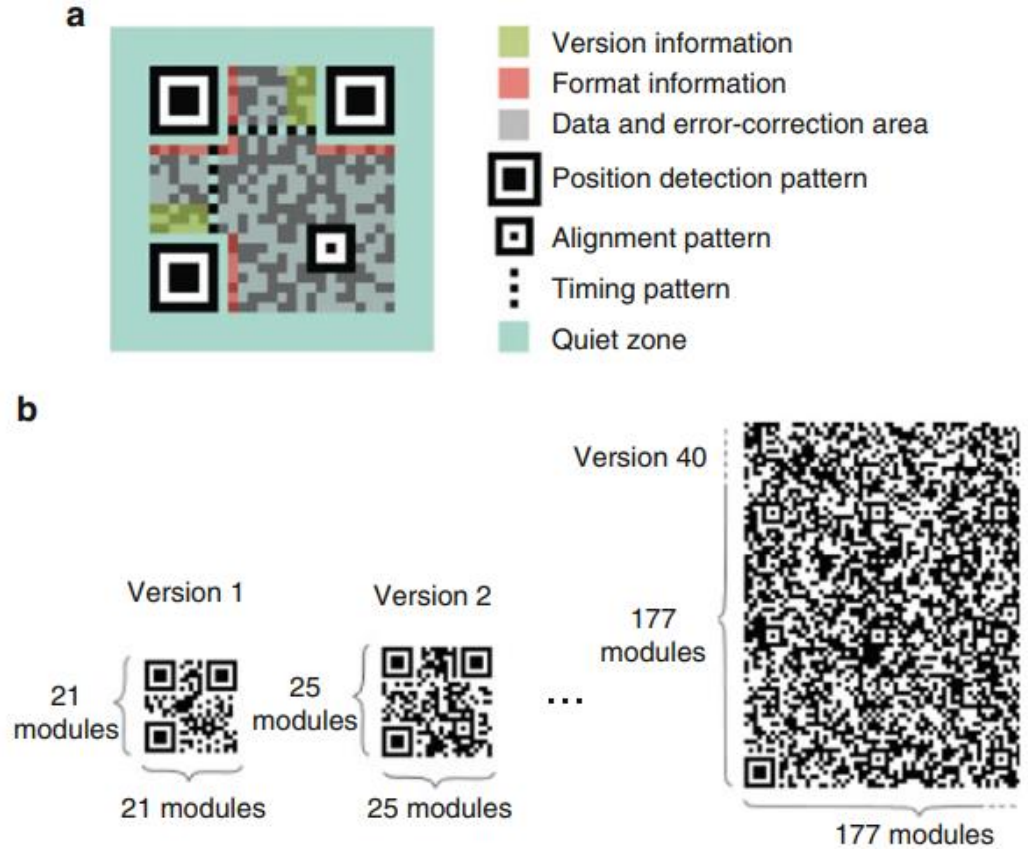


Fig. 12.6 QR code [26]. (a) QR code symbol. (b) QR Code versions

7. OEM MALZEME ÜRETİCİLERİNİN ALDIKLARI TEDBİRLER

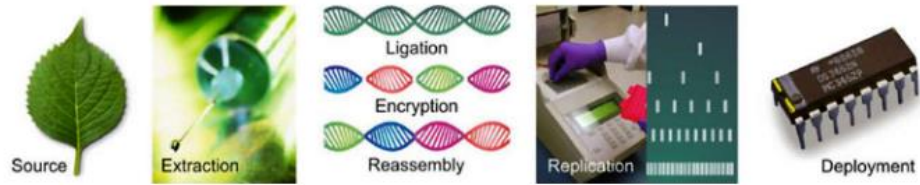


Fig. 12.7 The creation and deployment of DNA taggants [30]

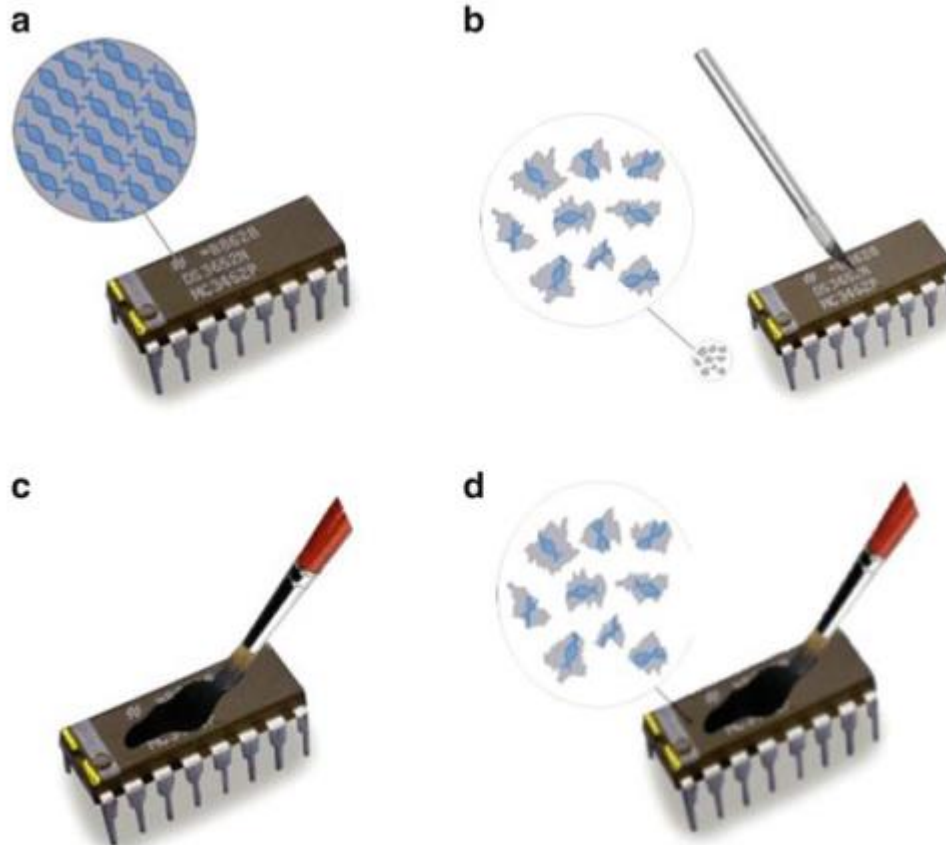


Fig. 12.8 Safeguard against recycling process [32]. (a) Original DNA mark. (b) DNA marks are removed by scrapping. (c) Blacktopping covers DNA marks with new material. (d) Reused DNA marks

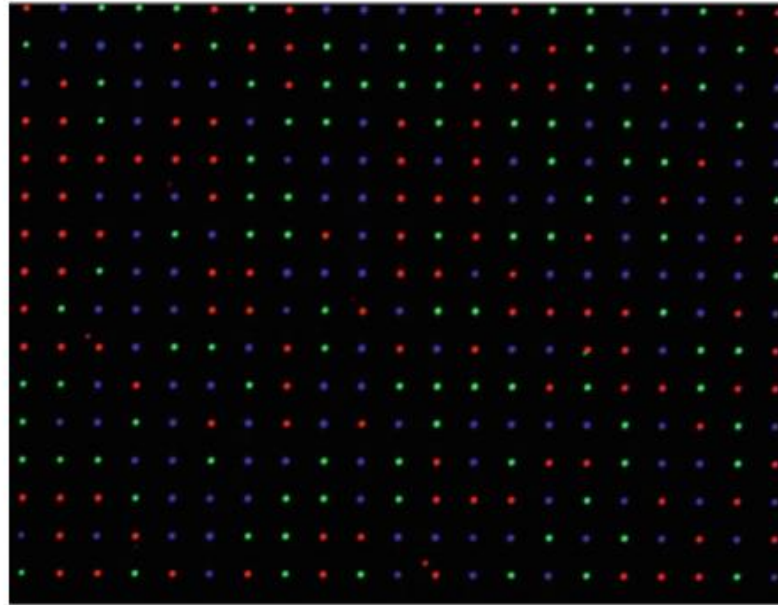


Fig. 12.10 Fluorescence microscope image of 1- μm diameter fluorescent polystyrene spheres [35]

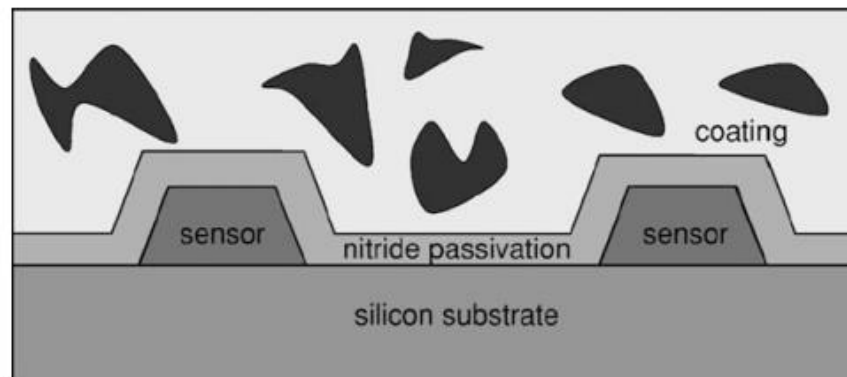


Fig. 12.11 Structure of a coating PUF [36]

Üretici Tedarik Zincirinde Görevlendirilecek Özel Personele ADNAS Programı Eğitimi Uygulanacak

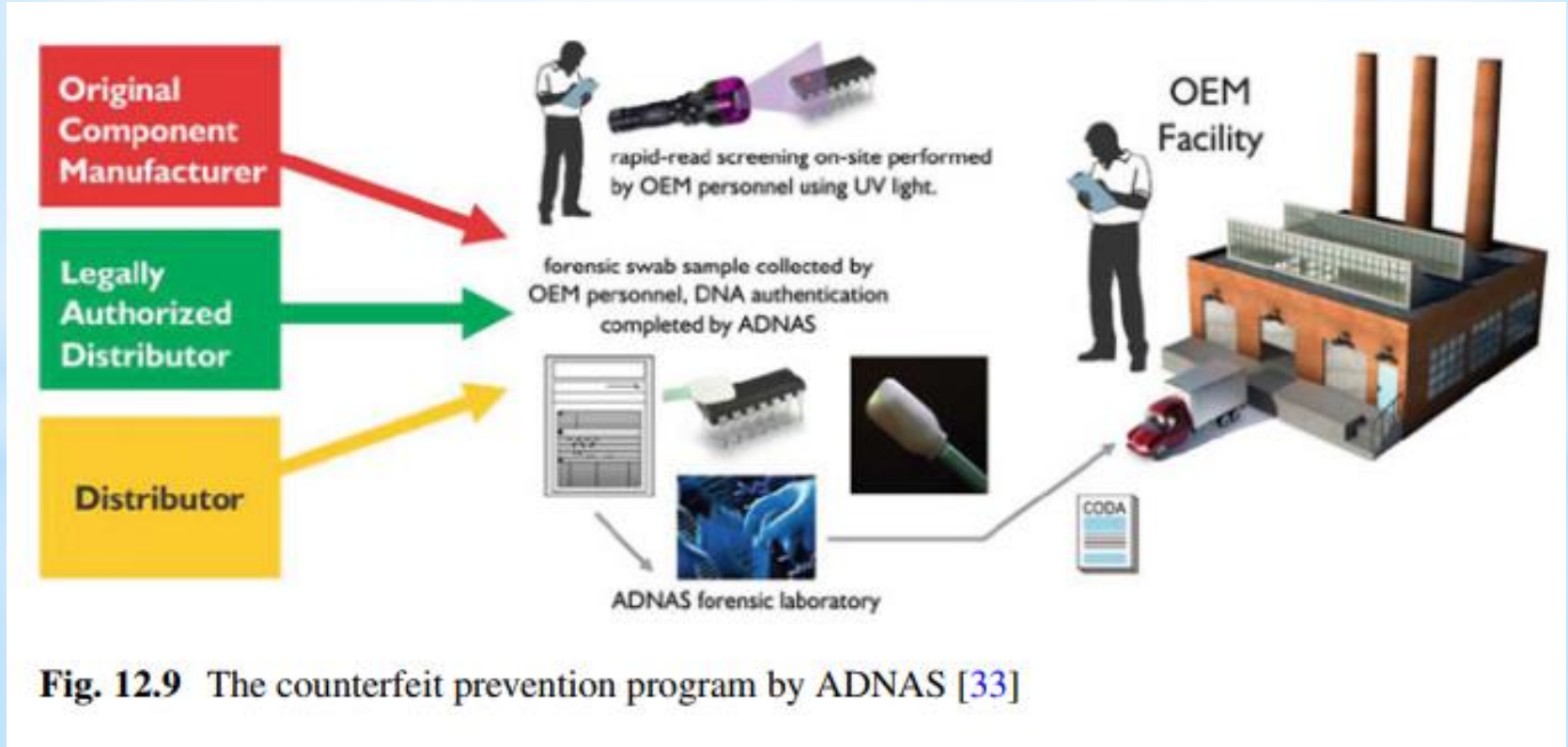


Fig. 12.9 The counterfeit prevention program by ADNAS [33]

**Dinlediđiniz ve katkılarınız için
TEŐEKKÜRLER**

