

EKRAN ALTI PANEL VE LAZER İLE DOKUNMATİK EKRAN UYGULAMASI

Çağatay Paçacı^{1*}

¹Kastamonu Bilim ve Sanat Merkezi

Öz

Dokunmatik ekranlar sisteme veri girişini sağlayan temaslı yüzey sensörleri olarak tanımlanmaktadır. Teknolojik gelişmeler dokunmatik ekran sistemlerini daha kullanıcı dostu ve yaygın hale getirmesi ile birçok elektronik ürün artık bu ekranlara sahiptir. Dokunmatik ekranlar çok farklı teknolojiler ile dokunma koordinatlarını tanımlanmaktadır. Bunun yanında hızlı ve konforlu bir etkileşim aracı olan bu ekranların uygulama açısından ciddi sınırlılıkları da bulunmaktadır. Örneğin, ekran büyüklüğü, çoklu etkileşim, eldiven ve ıslak yüzeylerde dokunma problemi gibi sorunlar kullanım sürecinde bazı sınırlılıklar oluşturmaktadır. Bu sorunlar farklı özelliklere sahip ekran tipleri ile aşılmaya çalışılsa da henüz istenilen verime ulaşılamamıştır.

Bu çalışmanın öncelikli amacı normal kullanıma ek olarak eldiven veya lazer işaretçiler kullanarak etkin şekilde çalışabilecek dokunmatik ekran uygulaması yapmaktır. Çalışmanın temel prensibi fotodirençlerden faydalanarak dokunma koordinatının belirlenmesine dayanır. Tasarlanan dokunmatik ekran optik ve akustik ekranlara benzemekle birlikte ekran altı panel uygulaması örneğidir.

Anahtar Kelimeler: Dokunmatik ekran, lazer, panel, piyano, LDR

TOUCH SCREEN APPLICATION WITH UNDER SCREEN PANEL AND LASER

Extended Abstract

Touch screens can be defined as contact surface sensors that enable data entry into the system. As technological developments have made touch screen systems more user-friendly and widespread, many electronic products now have these screens. Touch screens define touch coordinates with many different technologies. In addition, these screens, which are a fast and comfortable interaction tool, also have serious limitations regarding their application. For example, such as screen size, multiple interactions, gloves and touching problems on wet surfaces create some limitations in the usage process. Although these problems have been tried to be overcome with screen types with different features, the desired efficiency has not been achieved yet.

In this study, the resistance value we obtained from each LDR was used to obtain a different note. Since there are a total of 6 analog output pins (A0, A1, A2, A3, A4, A5) and 13 notes, the intermediate notes (sharp-flat) and the last three notes are coded according to the value received from two LDRs.

The main purpose of this study is to make a touch screen application that can work effectively using gloves or laser. Unlike the acoustic and optical systems of the applied screen, the location identification panel is placed under the screen, not at the edges. In this sense, working principle is similar to acoustic and optical systems but provides certain flexibility. The basic principle of the work is to define the touch coordinate by using photosensitive resistors. Although the designed touch screen is similar to optical and acoustic screens, it is an example of an under-screen panel application.

Keywords: Touchscreen, laser, panel, piano, LDR

1. Giriş

Dokunmatik ekran belli bir LCD ekran üzerine yaklaşma veya dokunma ile ekranın hangi noktasında etkileşim olduğunu saptayan ve gerekli yazılımlar ile yorumlayan etkileşimli yüzeylerdir (Korkmaz, 2015). Akıllı telefon, tablet, bilgisayar gibi birçok teknolojik araç dokunmatik ekran teknolojisini çok etkin olarak kullanmaktadır. Bu sistemler dokunmanın daha etkin ve hızlı algılanması ile kullanıcılara daha konforlu bir etkileşim sağlamıştır. Bu teknolojinin tarihi yaklaşık 50 yıllık bir geçmişe dayanmaktadır. İlk olarak 1965 yılında E.A. Johnson tarafından hava trafik kontrolü için tasarlanmış ve 1967 yılında patenti alınmıştır (Leslie, 2016). Bu sistem akıllı telefonlarda ise ilk olarak Apple tarafından 2007 yılında piyasaya sürülmüştür (Krithikaa, 2016). Günümüzde, saydam dokunmatik yüzeyler (Lee vd., 2008), esnek dokunmatik yüzeyler (Guo vd., 2021; Yao & Zhu, 2014; Zhao vd., 2022), giyilebilir dokunmatik yüzey tasarımları (Jeon vd., 2015), üzerine yoğun çalışmalar sürmektedir. Halen hızlı bir şekilde gelişim kaydeden ve hızla değişen bu sistemleri anlamak ve uygulamak son derece önemlidir. Çalışma prensibi olarak, öncelikle grafik led yüzey etkileşiminin hangi koordinatlarda olduğunu saptar ve kontrol sistemine aktarır. Bu sistem de gerekli yazılımlar ile istenilen işlemleri hayata geçirir (Çakır vd., 2012). Dokunmatik ekranların, ekran büyüklüğüne, kullanım amacına ve işlevine göre çeşitli tasarımları bulunmaktadır. Temel anlamda 4 farklı çalışma prensibine sahip olan bu teknolojiler; rezistif (üzerine uygulanan basınç), kapasitif (elektriksel alan değişimi), optik (optik sensörler) ve akustik (yüksek frekanslı ses dalgaları) dokunmatik ekranlar olarak adlandırılmaktadır (Nam vd., 2021).

1.1 Rezistif Dokunmatik Ekranlar

Bu ekranlarda, esnek üst katman, altında ise esnemeyen ve yalıtım noktaları ile ayrılmış iletim tabakası bulunur (Downs, 2005). Üst katman polistiren içerikli bir malzemeden oluşur. Üst ve iletim katmanların birbirine bakan içi kısımları indiyum çinko oksit (ITO) gibi iletken ve yüzeyler arasındaki elektriksel etkileşimi kolaylaştıran sert bir malzeme ile kaplıdır (Hecht vd., 2009). Esnek yüzeye uygulanan basınç iki yüzeyin temasını sağlarken bir anahtarlama görevi de görür. Bu basınç ile denetleyici katmanlar arasındaki voltaj değişir ve ortaya çıkan değişimle X ve Y koordinatları işlemciye aktarılır. Dokunmanın meydana geldiği nokta bu sayede yüzey denetleyicisi tarafından belirlenir.

Bazı rezistif ekranlarda piezo-elektrik madde kullanılarak basınç ile dokunma noktasının tanımlanması sağlanmıştır. Bu tip ekranlar yüzey alanından bağımsız olarak çalışır ve ısınma problemine karşı daha dirençlidir. Bu ekranların en önemli sorunu istenilen çözünürlükte görüntü oluşturamamasıdır. Bu nedenle yüksek çözünürlüklü sistemlerde tercih edilmezler (Korkmaz, 2015). Rezistif dokunmatik ekranlar genellikle daha uygun fiyatlıdır ancak yaklaşık %75'lik bir hassasiyet sunar ve üst katman diğer ekranlara göre daha hassastır (Bhalla & Bhalla, 2010).

1.2 Kapasitif Dokunmatik Ekranlar

Yüksek çözünürlükte görüntü elde etmeye olanak sağlaması ve çoklu temas ile hassas bir ölçüm elde edilmesinden dolayı günümüzde en çok tercih edilen ekran tiplerinden biridir (Barrett & Omote, 2010). Diğer yöntemlere ek olarak 3B dokunma noktasının tanımlanmasına da olanak sağlayan bu ekranlar elektriksel alan ve arka plan ışınımını etkin olarak kullanırlar (Gao vd., 2016). z-koordinatında konum belirleme için elektriksel alanın etkisi ile parmak ve üst katman arasındaki uzaklık belirlenir. Bunu sağlamak için ekranın 4 köşesine elektriksel alan uygulanır. Dokunma noktasında bir elektriksel alan değişimi meydana gelir ve işlemciye bu bilgi iletilir (Walker, 2014). Diğer ekranlara göre daha uzun ömürlü (Goertz vd., 2017) olmakla birlikte bu ekranlarında temel duyarlılık alanları bulunmaktadır. LED ve OLED TV gibi 22inç üzeri yüzeylerde kullanımı yüksek elektriksel alan oluşturma gereğinden dolayı çok mümkün değildir (Barrett & Omote, 2010). Köşelerden uygulanan elektriksel alanın belirli bir yüzey için kullanılabilir olması gerekir. Bu nedenle yüksek elektriksel alana ihtiyaç duyar ve bu durum ısınma problemi oluşturur. Yani ısınmaya karşı hassas oldukları için belirli bir akım ve gerilim altında çalışabilirler (Bhalla & Bhalla, 2010).

1.3 Optik Dokunmatik Ekranlar

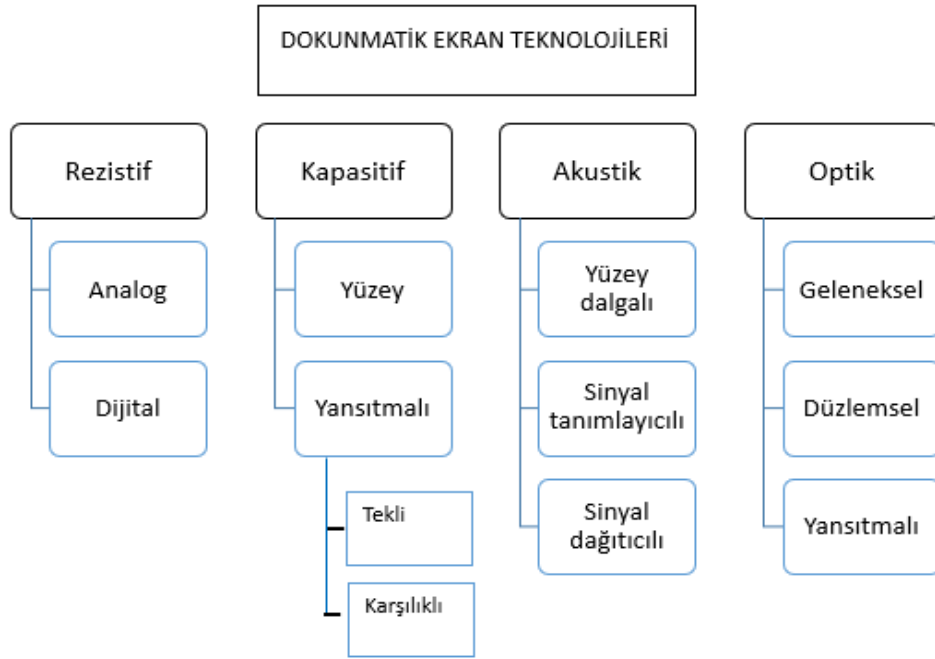
Optik LED kaynaklarını ve ekran kenarları boyunca optik dedektörleri kullanarak ışın demetindeki bozulma koordinatlarını tarayan sistemlerdir (Sharma, 2017). Ekran yüzeyi bir ızgara gibi ışın demetleri ile taranır. Diğer taraftaki ışın dedektörleri tarafından herhangi bir bozulma olup olmadığı sürekli kontrol edilir. Bu sayede ışının

gelmemesi durumunda kontrol sistemine 1, gelmesi durumunda ise 0 verisi gönderilir. Diğer eksen de aynı işlemler tekrarlanır, böylece iki eksen koordinatlar belirlenmiş olur.

Optik dokunmatik ekranların en büyük sorunu dokunma çözünürlüğünün düşük olmasıdır (Maxwell, 2008). Bu durum parmak ile kullanım açısından problem oluşturmaktadır (Hill, 2002). Kolay çizilebilen ve hassas bir yüzeye sahip olan bu sistemlerde güneş ışığı altında kullanıldıklarında güneş ışığının da sebep olduğu ışınlar nedeni ile aksamalar yaşanabilir (Bhalla & Bhalla, 2010). Önemli bir diğer problem ise sürekli olarak kalibrasyona ihtiyaç duymaktadırlar (Goertz vd., 2017).

1.4 Akustik Dokunmatik Ekranlar

Yüksek frekanslı ses dalgaları ekran üzerinden geçirilir ve akustik dalgaların tüm yüzeyi taraması sağlanır (Sathyan & Manikandan, 2020). Ekranın karşılıklı yüzeylerinde kaynak ve alıcılar bulunmaktadır. Yüzeye yaklaşan cisim tarafından bu dalgaların bir kısmı emilir. Bu sayede alıcılar temas noktası ile ilgili veri sağlar. Rezistif ve kapasitif sistemlere göre daha dayanıklı ve daha uzun ömürlüdürler (Bhalla & Bhalla, 2010). Yüksek hassasiyetli olmakla birlikte ıslak yüzeylerde çalışma hassasiyeti bozulur (Krithikaa, 2016). Şekil 1’de dokunmatik ekran teknoloji kategorileri ile ilgili görsel bulunmaktadır. Çalışmanın temel amacı eldiven veya lazer kullanarak etkin şekilde çalışabilecek dokunmatik ekran uygulaması yapmaktır.



Şekil 1. Dokunmatik ekran teknolojilerinin kategorileri (Nam vd. 2021).

2. Materyal ve Metot

2.1 LDR (Işığa duyarlı direnç)

LDR (ışığa duyarlı direnç) üzerine düşen ışık şiddetine bağlı olarak direnci değişen devre elemanlarıdır (Ahmani & Iqbal, 2017). Yarı iletken bir madde olan kadmiyum sülfid üzerinde taşıyıcı elektronlar barındırmaktadır. Bu elektronlara fotonlar enerjilerini aktardıklarında, elektronlar uyarılarak serbest hale geçerler ve küçük bir etki ile akım oluştururlar (Putri & Aryza, 2018). Serbest elektron miktarı arttıkça akım miktarı da artmaktadır. Bu sayede üzerine düşen ışık şiddeti arttıkça direnç azalır. Bu devre elemanının farklı dalga boylarında ve farklı hassasiyete sahip tipleri bulunmaktadır. Genellikle kadmiyum sülfid oranı değiştirilerek belirli bir ışık şiddeti için elektronların geçiş yaptığı bant genişliği değiştirilebilir. Bu sayede bu devre elemanları üzerine düşen ışınların belirli dalga boyları için çalışabilir hale getirilir.

Bu çalışmada dokunma koordinatının tanımlanması LDR ile gerçekleştirilmiştir. Uygulanan ekranda kullanılan LDR'ler ise görünür ışık aralığına duyarlı, 5mm çapına sahiptir.

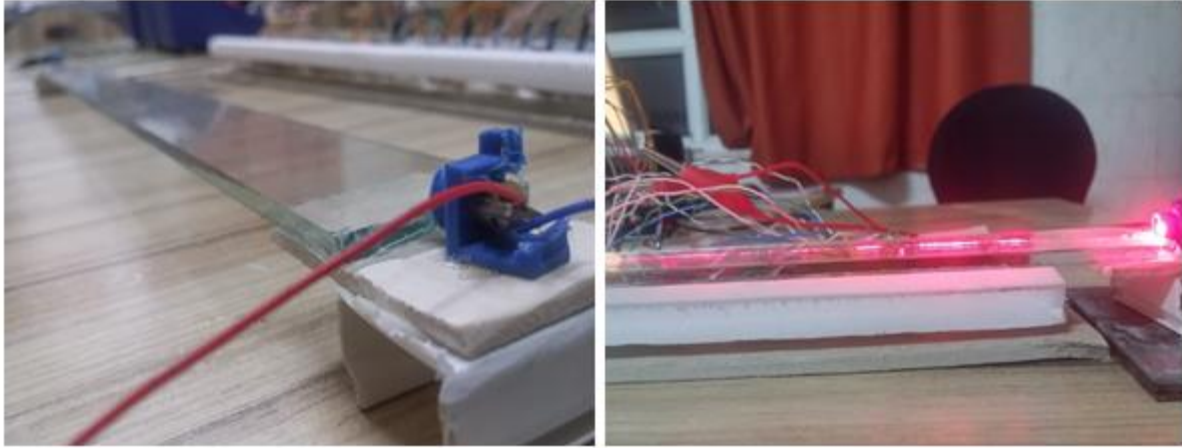
2.2 Lazer kaynağı

Monokromatik özelliğe sahip olan lazerler senkronize olmuş ışın demetlerinden oluşurlar ve dağılma açıları oldukça küçüktür (Koç & Dinçer, 2012). Aktif ortam içinde bir dış etki ile elektronlar yörüngelerini değiştirir ve belirli dalga boylarında ışın yaymaları sağlanır. Lazer ışınlarının rengi aynı zamanda çıkan dalgaların enerji aralığını yansıtır (Kasnak & Fıratlı, 2016). Lazerin gücü (W) lazerin 1 saniyede ürettiği enerji miktarının(joule) bir ölçüsüdür ve bu enerjinin belirli bir alandaki etkisi ise lazerin etki gücünü belirler.

Bu çalışmada dokunma koordinatını belirlemek için ekran üstü 5mW güce sahip kırmızı renkli (650nm) diyot lazer kullanılmıştır. Lazer kaynağının karşısında ise lazer söndürücü kullanılmıştır.

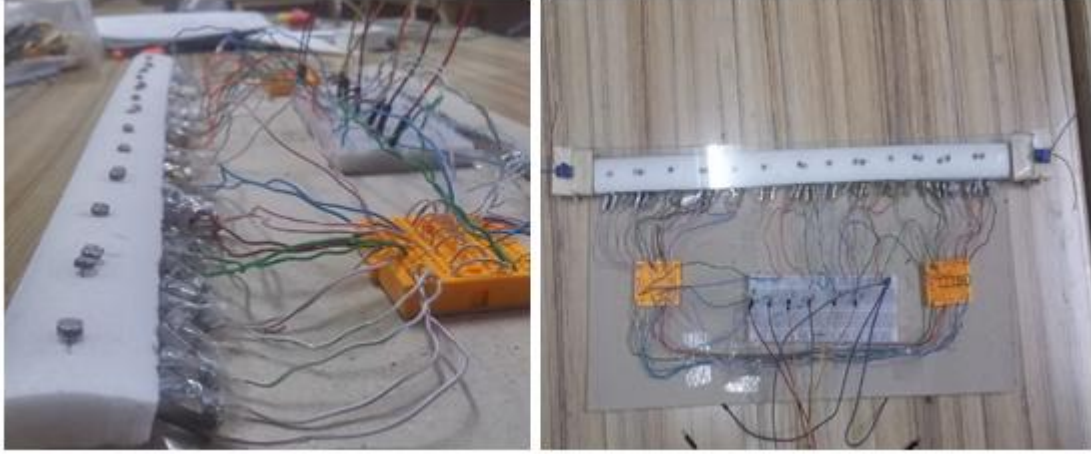
2.3 Ekran Bileşenlerinin Uygulanması

Geliştirdiğimiz ekran; cam yüzey, LDR paneli ve alınan veriyi işleyen mikroişlemci bağlantılarından oluşmaktadır. Ekrandan alınan ışık şiddeti değişimi LDR paneli sayesinde değişken bir akım olarak tanımlanır. Bu değişim işlemciye aktarılır ve işlemci üzerinden farklı notaların çalmasını sağlar.



Şekil 2. Kullanılan cam yüzey ve lazer ışını.

Dokunmatik ekran için 50cm uzunlukta, 3cm genişlikte ve 0,4 cm kalınlığında saydam cam levha kullanıldı (Şekil 2). Saydam cam seçilmesinin yüzeyden yansıyan ışınların camın altındaki LDR ile kaplı algılayıcı yüzeye ulaşmasını sağlar. Bu levha üzerine 2 adet kırmızı renkli 5 mW güce sahip lazer ışını paralel olarak gönderildi. Lazerlerin yüzeye paralel olarak gönderildi ve 1-2mm aralığında yüzeye lazer arasında bir boşluk bırakıldı. Dokunmanın yeterli oranda ışık şiddetini ekran altı LDR'lere yansıtması ve iki noktanın aynı anda çalışmasına olanak sağlaması için lazerler her iki taraftan da uygulandı.



Şekil 3. Dokunmayı algılamak için oluşturulan LDR paneli.

LDR paneli cam ekranın altında, ekrana değecek şekilde uygulandı (Şekil 3). Toplam 20 adet LDR 13 farklı notayı oluşturmak için kullanıldı. Bağlantıların kolay yapılabilmesi için bir kartonpiyer tabaka üzerine yerleştirildi. Her bir LDR işlemciye bağlandı. Fakat işlemcide 6 adet giriş olduğu için bazı notalar iki LDR ile eşleştirildi.

3. Bulgular

Bu çalışmada her bir LDR'den alınan direnç değeri, farklı bir nota elde etmek için kullanılmıştır. Toplam 6 adet analog çıkış pini (A0, A1, A2, A3, A4, A5) ve 13 farklı nota olduğu için ara notalar (diyez-bemol) ve son 3 nota iki adet LDR'den alınan değere göre kodlanmıştır (Şekil 5).

Çalışmada üst panel olarak sayıdan cam yüzey ve dokunma noktasını tanımlamak için LDR paneli kullanılmıştır. Hangi bölgeye dokunulursa o bölgede ışık şiddeti artar. Artan ışık şiddeti ile LDR üzerinde direnç azalır ve işlemciye tanımlı notanın çalması için komut verilir. Tablo 1'de LDR çıkış pinleri ve eşleştirildikleri notalar gösterilmektedir.

Tablo 1. Eşleştirilen notalar ve çıkış pinleri

Frekans (Hz)	Nota	Çıkış Pinleri
261,6	Do	A0
277,2	Do#	A0-A1
293,7	Re	A1
311,1	Re#	A1-A2
329,6	Mi	A2
349,2	Fa	A3
370,0	Fa#	A3-A4
392,0	Sol	A4
415,3	Sol#	A4-A5
440,0	La	A5
466,2	Si b	A0-A5
493,9	Si	A2-A3
523,3	(ince)Do	A0-A2

Kullanılan işlemci bir klon Arduino Uno işlemcidir. Notalar Tone() fonksiyonu ile yukarıdaki frekans değerine göre oluşturulmuştur. Dokunmanın hassas olarak algılanabilmesi için ortam ışığından ve lazerden etkilenmemesi gerekmektedir. Bu nedenle kodlama işlemi bağıl olarak gerçekleştirilmiştir. Referans bir fotodirenç üzerinden alınan veri ortam ışığı olarak kaydedilip diğer frekans değerlerinin bu referansa göre atanması sağlanmıştır. Dokunma esnasında komşu notaların etkilenmemesi için belirli bir eşik değeri tanımlanmıştır. Bu sayede hangi notanın üzerine dokunulursa o notanın çalması amaçlanmıştır. Kullanılan program kodları Şekil 4'te, bileşenlerin şematik görünümü Şekil 5'te verilmiştir.


```

melodika_devre | Arduino 1.8.9
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

melodika_devre §

#define speaker 2
#define ldr1 A0
#define ldr2 A1
#define ldr3 A2
#define ldr4 A3
#define ldr5 A4
#define ldr6 A5

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    pinMode(ldr1, INPUT);pinMode(ldr2, INPUT);pinMode(ldr3, INPUT);pinMode(ldr4, INPUT);pinMode(ldr5, INPUT);pinMode(ldr6, INPUT);
}

void loop()
{
    int deger1= analogRead(ldr1);
    int deger2= analogRead(ldr2);
    int deger3= analogRead(ldr3);
    int deger4= analogRead(ldr4);
    int deger5= analogRead(ldr5);
    int deger6= analogRead(ldr6);

    Serial.print("deger1:"); Serial.println(deger1);
    Serial.print("deger2:"); Serial.println(deger2);
    Serial.print("deger3:"); Serial.println(deger3);
    Serial.print("deger4:"); Serial.println(deger4);
    Serial.print("deger5:"); Serial.println(deger5);
    Serial.print("deger6:"); Serial.println(deger6);

    if (deger1> (deger6 + 100) && deger2< (deger6 + 100) && deger3<(deger6 + 100) && deger4<(deger6 + 100) && deger5<(deger6 + 100)) // do notası
        tone(speaker, 262);

    if (deger1> (deger6 + 100) && deger2> (deger6 + 100) && deger3<(deger6 + 100) && deger4<(deger6 + 100) && deger5<(deger6 + 100)) // #do notası
        tone(speaker, 277);
    if (deger1< (deger6 + 100) && deger2> (deger6 + 100) && deger3<(deger6 + 100) && deger4<(deger6 + 100) && deger5<(deger6 + 100)) // re notası
        tone(speaker, 294);

    if (deger1< (deger6 + 100) && deger2> (deger6 + 100) && deger3>(deger6 + 100) && deger4<(deger6 + 100) && deger5<(deger6 + 100)) // #re notası
        tone(speaker, 311);

    if (deger1< (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4<(deger6 + 80) && deger5<(deger6 + 80)) // mi notası
        tone(speaker, 330);

    if (deger1< (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4>(deger6 + 80) && deger5<(deger6 + 80)) // fa notası
        tone(speaker, 349);

    if (deger1< (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4>(deger6 + 80) && deger5>(deger6 + 80)) // #fa notası
        tone(speaker, 370);

    if (deger1< (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4<(deger6 + 80) && deger5>(deger6 + 80)) // sol notası
        tone(speaker, 392);

    if (deger1< (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4<(deger6 + 80) && deger5>(deger1 + 80) && deger6>(deger1 + 80)) // sol# notası
        tone(speaker, 415);

    if (deger1< (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4<(deger6 + 80) && deger5<(deger1 + 80) && deger6>(deger1 + 100)) // la notası
        tone(speaker, 440);

    if (deger1> (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4<(deger6 + 80) && deger5<(deger1 + 80) && deger6>(deger2 + 80)) // la# notası
        tone(speaker, 464);

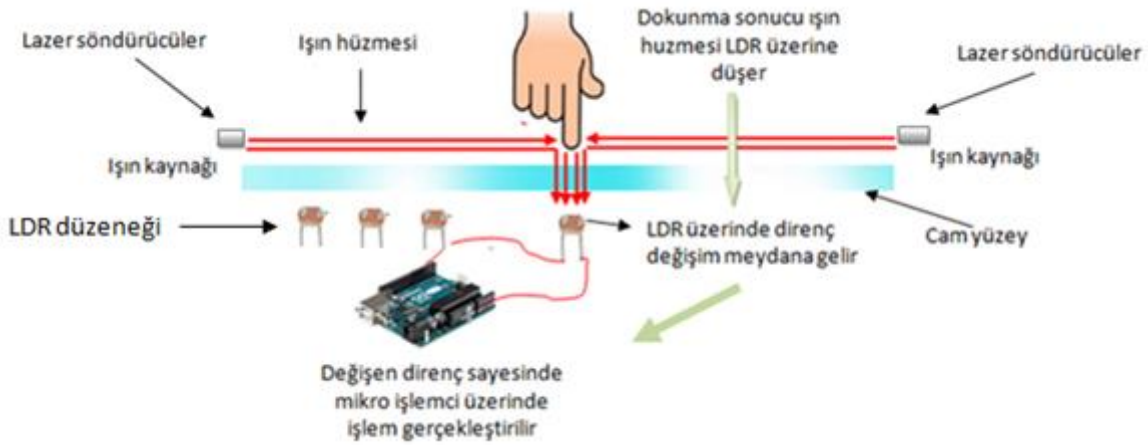
    if (deger1< (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3>(deger6 + 80) && deger4>(deger6 + 80) && deger5<(deger1 + 80) && deger6>(deger1 + 80)) // si notası
        tone(speaker, 493);

    if (deger1> (deger6 + 80) && deger2< (deger6 + 80) && deger3<(deger6 + 80) && deger4<(deger6 + 80) && deger5<(deger1 + 80) && deger6>(deger1 + 80)) // kalın do notası
        tone(speaker, 523);

    if (deger1<(deger6 + 100) && deger2<(deger6 + 100) && deger3<(deger6 + 100) && deger4<(deger6 + 100) && deger5<(deger6 + 100) && deger6<(deger2 + 100)) // susturma
        noTone(speaker);
}

```

Şekil 4. Kullanılan program kodları



Şekil 5. Sistemin bileşenlerinin şematik gösterimi

4. Sonuç ve Tartışma

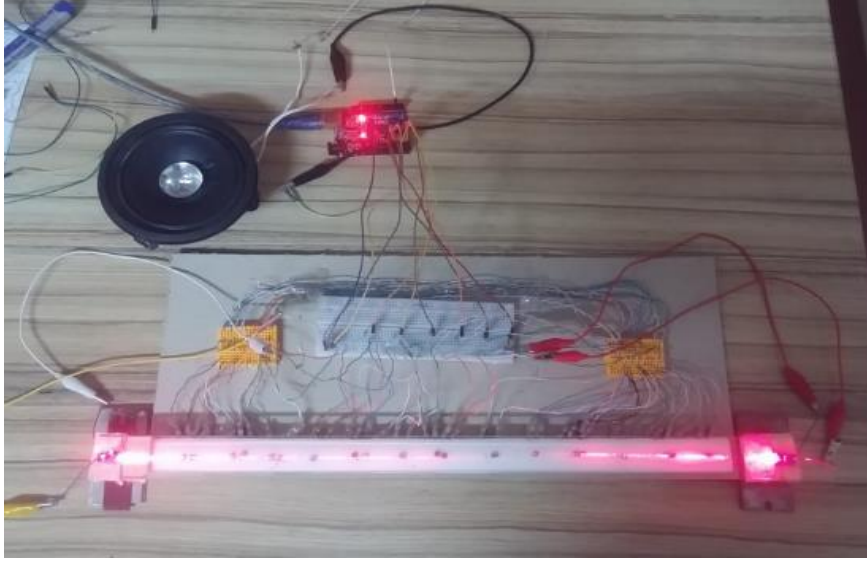
Tasarlanan piyano uygulaması 13 notadan oluşmaktadır (Şekil 6). Uygulanan ekranın akustik ve optik sistemlerden farklı olarak konum tanımlama paneli ekranın kenarlarında değil altına yerleştirilmiştir. Bu anlamda çalışma prensibi akustik ve optik sistemlere benzemekle birlikte belirli esnekliklerde sağlamaktadır. Dokunma hassasiyeti açısından kapasitif ekranlara göre düşük fakat çalışma prensibi aynı olduğu için diğer ekranlarla benzer özellik taşıyor (Tablo 2). Fakat kapasitif ekranlar eldiven ve lazer ile kullanılamazken tasarlanan ekran iki şekilde de kullanılabilir.

Tasarlanan ekranda dokunma çözünürlüğü LDR boyutuna bağlı olduğu için diğer rezistif, akustik ve kapasitif ekranlara göre daha dezavantajlıdır. Bununla birlikte optik ekranlarla benzer bir çalışma prensibi olduğu için orta derecede bir çözünürlüğe sahip olduğu söylenebilir (Tablo 2). Fakat bu tip sert yüzey kullanan ekranlar rezistif ve kapasitif ekranlara göre daha dayanıklıdır (Nam vd., 2021). Buna ek olarak, tasarlanan ekran akustik ve optik ekranlar gibi ortam ışığından, sineklerden ve tozdan etkilenir ve kalibrasyona ihtiyaç duyarlar fakat rezistif ekranlar kalibrasyon ihtiyacı duymazlar (Sathyan ve Manikandan 2020). Bu anlamda tasarlanan ekran, rezistif ekranlar orta derecede ortamdaki etkilediği söylenebilir.

Bunun yanında Barrett & Omote (2010) ve Hoye (2010) kapasitif ve rezistif sistemlerin büyük yüzeyler için oluşturduğu yüksek elektriksel alan nedeni ile performanslarının büyük yüzeylerde düşük olduğunu ifade ediyor. Uygulanan ekranda elektriksel alan oluşturulmadığı için ısınma etkisinden ve yüzeyin büyüklüğünden daha az etkilenmektedir.

Çoklu dokunma dokunmatik ekranların benzer sınırlılıklarından biridir. Bu tasarım kapsamında ise farklı yönlerden lazer kullanıldığı için karşılıklı dokunmaya izin vermektedir. Rezistif, akustik ve optik ekranlar görece daha büyük yüzeylerde kullanılırken bu ekranlar sadece tek dokunma noktasına duyarlıdır. Bunun yanında kapasitif ekranlar ve tasarlanan ekran eş zamanlı iki dokunmaya (mutual touch) izin verir (Nam vd., 2021).

Tasarlanan ekran ortam ışığından etkilenmekte ve bu etkiyi azaltmak için kodlama yapılırken direnç değişimi birbirine göre karşılaştırarak bağıl direnç değişimi kullanıldı. Ayrıca komşu notaların birbirini etkilememesi için eşik değerleri oluşturuldu. Bu değer bir yandan komşu notaların çalışmasına olanak sağlar fakat sistemin çalışma çözünürlüğünü ciddi şekilde sınırlandırmaktadır. Bu sayede ortamdaki etkilenme hassasiyeti düşürülürken çözünürlükte azalma meydana gelmiştir. Tasarlanan ekranın görüntü netliği ile ilgili ayrıca bir çalışma yapılmamıştır. Farklı dokunmatik ekranların karşılaştırma analizi Tablo 2'de yapılmıştır.



Şekil 6. Tasarlanan sistem

Tablo 2. Dokunmatik ekranların karşılaştırılması.

	Rezistif	Kapasitif	Optik	Akustik	Tasarlanan ekran
Dokunma çözünürlüğü	İyi	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta
Dokunma hassasiyeti	İyi	Yüksek	İyi	İyi	İyi
Eldiven ile kullanılabilirliği	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet
Lazer ile kullanılabilirliği	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
Ekran dayanıklılığı	Düşük	İyi	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Ortamdan etkilenme hassasiyeti	Orta	Orta	Düşük	Düşük	Orta
Kullanılması önerilen yüzey büyüklüğü sınırı	Orta	Küçük	Büyük	Büyük	Büyük
Kalibrasyon ihtiyacı	Yok	Var	Var	Var	Var
Karşılıklı dokunma	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Evet
Görüntü netliği	%75–85	%85–90	%88–	%92–	-

Kaynaklar: Barrett & Omote, 2009; Bhalla & Bhalla, 2010; Hoye, 2010; Krithikaa, 2016; Maxwell, 2008; Nam vd., 2021; Sathyan & Manikandan, 2020.

5. Öneriler

Dokunmatik ekranlarda görüntü netliği önemli bir parametredir ve bu çalışmada bununla ilgili bir analiz gerçekleştirilmedi. Diğer bir problem alanı ise LDR'lerin birbirine çok yakın olması durumunda sistemin çalışma hassasiyetinin düşmesidir. Bu da çözünürlüğü önemli ölçüde düşüren bir etkidir. Düşük dokunma çözünürlüğü iki boyutlu koordinat ekseninin tanımlanması ile azaltılabilir. Buna ek olarak kızılötesi ve ultraviyole gibi daha uzun ve daha kısa dalga boylu ışın kaynaklarının etkisi incelenebilir.

Dokunmatik ekranlar sisteme sadece veri girişi sağlayan donanımlardır. Bir elektronik aracın etkinliği donanım kalitesi ile ilgili olduğu kadar yazılım kalitesi ile de ilgilidir. Kodlama kalitesinin tekrar ele alınıp iki boyutta koordinat tanımlanması için geliştirilmesi sistemin etkinliğini artırabilir. Bu ekran uygulaması kodlama etkinliğinden daha çok tasarım boyutuna odaklanmıştır.

Yeni nesil teknolojiler açısından dokunmatik ekran teknolojisi daha çok hologram sistemleri ve esnek ekran sistemleri üzerinde gelişmektedir. Bu alanlarda çalışmaların yapılması önemlidir.

Kaynaklar

1. Ahmani, A., & Iqbal, Z. (2017). Automated color sensor system using ldr and rgb leds controlled by arduino. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(19), 5532-5537.
2. Barrett, G., & Omote, R. (2010). Projected-capacitive touch technology. *Information Display*, 26.
3. Bhalla, M.R., & Bhalla, A.V. (2010). Comparative study of various touchscreen technologies. *International Journal of Computer Applications*, 6(8), 12-18. <https://D.i.Org/10.5120/1097-1433>
4. Çakır, A., Akbulut, F.T., & Altıntaş, V. (2012). Akademik Bilişim'12 – XIV. *Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, 213-217.
5. Downs, R. (2005). Using resistive touch screens for human/machine interface. *Analog Applications Journal*, www.ti.com/aaj.
6. Goertz, M., Eriksson, T., & Shain, J. (2017). Optical touch screen system is using reflected light. Patent. *US Patent Applications*. <https://patents.google.com/patent/us9213443b2/en>
7. Gao, S., Arcos, V., & Nathan, A. (2016). Piezoelectric vs. capacitive based force sensing in capacitive touch panels. *IEEE Access*, 4, 3769-3774. <https://doi.org/10.1109/access.2016.2591535>
8. Guo, X., Yang, F., Liu, W., Han, C., Bai, Y., Sun, X., Hao, L., Jiao, W., & Wang, R. (2021). Skin-inspired self-healing semi-conductive touchscreen based on novel transparent stretchable hydrogels. *Journal Of Materials Chemistry*. 26. <https://doi.org/10.1039/d1ta01892b>
9. Hecht, D.S., Thomas, D., Hu, L., Ladous, C., Lam, T., Park, Y., Irvin, G.C., & Drzaic, P.S. (2009). Carbon-nanotube film on plastic as transparent electrode for resistive touch screens. *Journal of the Society for Information Display*, 17. <https://doi.org/10.1889/jsid17.11.941>
10. Hill, A. (2002). Touch screen technologies: their advantages and disadvantages. *Control Solutions*, 24.
11. Jeon, Y., Jin, H. B., Jung, S., Go, H., Lee, I. Lee, C. Joo, Y. K., & Park, K. (2015). Highly flexible touch screen ekran fabricated with silver nanowire crossing electrodes and transparent bridges. *Journal of the Optical Society of Korea*, 19(5), 508-513.
12. Kasnak, G., & Firath, H.E. (2016). Lazer fiziği ve lazer uygulamalarında temel kavramlar. *Türkiye Klinikleri J Periodontol-Special Topics Review*, 2(2). İstanbul Üniversitesi.
13. Koç, E., & Dinçer, D. (2012). Lazere giriş ve genel bilgiler. *Türk Derm-Deri Hastalıkları ve Frengi Arşivi Dergisi*, 46(1), 2-6.
14. Korkmaz, Z. (2015). MEMS teknikleri kullanarak esnek piezoelektrik dokunsal algılayıcı dizini üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Yayın no:392714. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
15. Krithikaa, M. (2016). Touch screen technology—a review. *International Journal of Trend in Research and Development*, 3(1), 74-77.
16. Lee, J.Y., Connor, S.T., Cui, Y., & Peumans, P. (2008). Solution processed metal nanowire mesh transparent electrodes. *Nano Lett.* 8, 689-692. <https://doi.org/10.1021/nl073296g>

17. **Leslie, E. (2016).** *Touch screen*. In: Connor, S., Trotter, D. & Purdon, J. editors. *Writing, medium, machine, modern technographics*. 1st ed. London. Open Humanities Press, s.191.
18. **Maxwell, I.E. (2008).** An overview of optical-touch technologies. *Information Display*, 26-30.
19. **Nam, H., Seol, K., Lee, J., Cho, H., & Jung, S.W. (2021).** Review of capacitive touchscreen technologies: overview, research trends, and machine learning approaches. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(14), 4776. <https://doi.org/10.3390/s21144776>
20. **Sathyan, A., & Manikandan, L.C. (2020).** A study and analysis of touch screen technologies. *Int J Sci Res CSE & IT*, 6(3), 737-744. <https://doi.org/10.32628/cseit2063184>
21. **Sharma, H. (2017).** A review paper on touch screen, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(23), 1-3.
22. **Putri, M. & Aryza, S. (2018).** Design of security tools using sensor light dependent resistor (ldr) through mobile phone. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field*, 4(10), 168-173. <https://patents.google.com/patent/us20170249033a1/en>
23. **Walker, G. (2014).** *Fundamentals of projected-capacitive touch technology*. Santa Clara, CA, USA: Intel Corp.
24. **Yao, S., & Zhu, Y. (2014).** Wearable multifunctional sensors using printed stretchable conductors made of silver nanowires. *Nanoscale*, 6, 2345-2352. <https://doi.org/10.1039/c3nr05496a>
25. **Zhao, X., Yang, S., Wen, X., Huang, Q., Qiu, P., Wei, T., Zhang, H., Wang, J., Zhang, D., Shi, X., & Lu, H. (2022).** A fully flexible intelligent thermal touch panel based on intrinsically plastic ag2s semiconductor. *Advanced Materials*, 34, 1-7. <https://doi.org/10.1002/adma.202107479>