



Comparison of TouchGFX and LVGL Embedded Hardware GUI Libraries

Gökhan İŞNAS¹ Nurettin ŞENYER^{2,*}

¹AYGUN Surgical Instruments R&D Department, Samsun/Turkey

²Samsun University, Faculty of Engineering, Software Engineering Department, Samsun/Turkey

Article Info

Review Article
Received: 13/04/2021
Revision: 02/06/2021
Accepted: 12/06/2021

Keywords

Embedded Hardware
Display
Human Computer
Interface
GUI
Graphical User Interface
WYSIWYG

Anahtar Kelimeler

Gömülü Donanım Ekran
İnsan Bilgisayar Arayüzü
GUI
Grafiksel Kullanıcı
Arayüzü
WYSIWYG

Abstract

Embedded hardware screens that provide communication between human and machine are becoming more common every day. User interfaces called GUI (Graphical User Interface) are used on embedded hardware displays to display data about the operation of the device and to control the functions of the device. The GUI library provides flexibility and convenience to the developer, and it also provides convenience to end users. These libraries facilitate the rapid generation of common visuals, speeding up the interface preparation process. GUI libraries are specially designed when used with embedded hardware due to the constraint of processing power. In this study, the LVGL library, which is presented by the open source culture widely used with embedded hardware and continues to be developed, and the free TouchGFX library supported by STMicroelectronics have been examined in depth. First of all, technical and commercial criteria were determined in the light of the literature review, related forum sites, trend analysis and the information provided by the companies. Then, the minimum system requirement, license status, code generation capability, display component support, performance, interfaces and input options, drawing capabilities, text features, display features, styles, compiler programs, popularity, technical support criteria were interpreted by comparing for both libraries. TouchGFX was founded by Stmicroelectronics and prepares easier interfaces for its own products. LittlevGL is developed by an independent developer community. Both libraries are widely used in embedded hardware displays. While LVGL offers coding-heavy development with C / C ++ language, TouchGFX allows direct GUI editing WYSIWYG (What You See Is What You Get) based development.

TouchGFX ve LVGL Gömülü Donanım GUI Kitaplıklarının Kıyaslanması

Öz

İnsan ile makine arasındaki iletişimi sağlayan gömülü donanım ekranlar her geçen gün daha yaygın hale gelmektedir. Gömülü donanım ekranlarda cihazın çalışması ile ilgili verileri görüntülemek ve cihazın işlevlerini kontrol etmek için tasarlanmış GUI diye adlandırılan kullanıcı arayüzleri kullanılmaktadır. GUI kitaplığı geliştiriciye esneklik ve kolaylık sağlarken, son kullanıcılara da kolaylık sağlamaktadır. Bu kitaplıklar ortak görsel öğelerin hızlıca üretilmesini kolaylaştırarak arayüz hazırlama sürecini hızlandırır. GUI kitaplıkları gömülü donanımlarla kullanıldığında işlem kaynaklarının kısıtından dolayı özel olarak tasarlanır. Bu çalışmada gömülü donanımlarla yaygın olarak kullanılan açık kaynak kültürünün ortaya koyduğu ve geliştirilmeye devam edilen LVGL (eski adı LittlevGL) kitaplığıyla STMicroelectronics firmasının desteklediği ücretsiz TouchGFX kitaplığı derinlemesine incelenmiştir. Öncelikle literatür taraması, ilgili forum siteleri, trend analizleri ve firmaların sağladığı herkese açık bilgiler üzerinden derlenen veriler ışığında öne çıkan teknik ve ticari kriterler belirlenmiştir. Belirlenen minimum sistem gereksinimi, lisans durumu, kod üretim kabiliyeti, ekran bileşen desteği, performans, sunduğu arayüzler ve giriş seçenekleri, çizim kabiliyetleri, metin özellikleri, görüntü özellikleri, stiller, derleyici programları, popülerlik, teknik destek kriterleri her iki kitaplık açısından karşılaştırılarak yorumlanmıştır. TouchGFX STMicroelectronics tarafından kurulmuş olup kendi ürünlerine yönelik daha kolay arayüzler hazırlamaktadır. LVGL ise bağımsız geliştirici topluluğu tarafından geliştirilmektedir. Her iki kitaplıkta gömülü donanım ekranlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. LVGL C/C++ dili ile kodlama ağırlıklı geliştirme sunarken, TouchGFX ise doğrudan GUI düzenleme WYSIWYG temelli geliştirmeye imkan sunar.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gömülü sistemler, günlük milyarlarca farklı sistem içerisinde yer alarak o sistemi akıllı hale getiren elektronik donanım ve yazılım ile oluşturulmuş entegre sistemlerdir [1]. Gömülü bir sistemin çekirdeğini, belirli bir sayıda görevi yerine getirmek için programlanan mikro işlemciler ya da mikrodenetleyiciler oluşturur. Mikro işlemcilerin içerisinde yalnızca merkezi işlem birimleri bulunmaktadır. Mikro işlemciler elektronik sistemlerdeki temel yapı taşlarından birisidir [2-3]. Mikrodenetleyiciler ise içerisinde bir mikro işlemci ve bunun yanı sıra RAM, ROM, osilatör, zamanlayıcı ve seri analog/dijital giriş-çıkışlar gibi bileşenlerle tek bir tümleşik devre olarak üretilmiş halidir.

Bilgisayarların, tabletlerin, akıllı telefonların kullanımı arttıkça insan ile makine arasındaki iletişimi sağlayan TFT (Thin Film Transistor) ekranlar her geçen gün daha da yaygın hale gelmektedir. TFT ekranlarda cihazın çalışması ile ilgili verileri görüntülemek ve cihazın işlevlerini kontrol etmek için tasarlanmış GUI (Graphical User Interface) diye adlandırılan kullanıcı arayüzleri bulunmaktadır [4-7]. Kullanıcılar ekran üzerinde GUI kabiliyeti ile gösterilen simge, ikon ve diğer görseller yardımıyla gömülü donanımla iletişime geçer. Bir grafiksel arayüzün en önemli özelliği kullanım kolaylığı sağlamasıdır [14]. GUI'lerin en yaygın kullanıldığı yerler mobil gömülü donanımlardır. Android mobil donanımlarında Aralık 2020 itibarı ile 2,95 milyon farklı uygulamada [8], IOS'de ise 2.09 milyon farklı uygulamada [9] kullanıldığı raporlanmıştır.

Sistemler oluşturulurken her defasında gerekli olan yazılımsal işlemleri sıfırdan yapmak sıkıcı ve uzun zaman alan bir süreçtir. Yazılım kalıplarının tekrarlanması ve buna bağlı olarak ortaya çıkabilecek karmaşanın önlenmesini amaçlayan DRY (Don't repeat yourself) yazılım ilkesi [10] uyarınca geliştiriciler çoğunlukla hazır grafik kütüphaneleri kullanmayı tercih etmektedirler. Hazır grafik kütüphaneleri kullanmak süreçleri hızlandırır ve kolaylaştırır [11].

Kullanım alanına göre birçok farklı hazır kütüphane bulunmaktadır [12]. Bunlardan bazıları şöyledir;

- **LVGL (LittlevGL):** Kullanımı kolay grafik öğeler, güzel görsel efektler ve düşük bellek ayak iziyle gömülü GUI oluşturmak için ihtiyacınız olan herşeyi sağlayan açık kaynaklı bir grafik kitaplığıdır [13].
- **TouchGFX:** STM32 mikro denetleyicileri için optimize edilmiş, ücretsiz, gelişmiş bir grafik yazılımıdır. STM32 grafik özelliklerinden ve mimarisinden yararlanan TouchGFX, çarpıcı, akıllı telefon benzeri grafik kullanıcı arayüzleri oluşturarak insan makine etkileşimini hızlandırır [15].
- **emWin:** Gömülü GUI emWin, herhangi bir gömülü sistem üzerinde yüksek verimli ve yüksek kaliteli grafik kullanıcı arabirimlerinin oluşturulmasını sağlar [17].
- **Stemwin:** ST ile SEGGER Microcontroller GmbH ile olan ortaklık sayesinde, SEGGER emWin one'a dayalı STemWin grafik kütüphanesi oluşturulmuştur. Bu kitaplık, herhangi bir STM32, LCD/TFT ekran ve denetleyici ile Grafik Kullanıcı Arayüzlerinin oluşturulmasına olanak tanıyan profesyonel bir grafik yığın kitaplığıdır [18].
- **Total Cross:** Açık kaynaklı yazılım geliştirme kiti hızlı ve kolay bir şekilde gömülü sistemler, IoT, mobil ve masaüstüne GUI oluşturmayı sağlar [16].
- **WxWidgets:** Geliştiricilerin Windows, macOS, Linux ve diğer platformlar için tek bir kod tabanı ile uygulamalar oluşturmasına olanak tanıyan bir C++ kitaplığıdır. Ücretsiz ve açık kaynaklıdır. [19].
- **MCUXpresso:** Yazılım geliştirmenizi hızlandırmak için açık kaynaklı sürücüler, ara yazılımlar ve referans örnek uygulamalar sunar. İşlemcinize veya değerlendirme panosu seçimlerinize özel bir yazılım geliştirme kiti ile özelleştirir [20].
- **TARA Systems:** Kaynakları kısıtlı mikrodenetleyicilerde bile platformdan bağımsız ve yüksek performanslı grafik kullanıcı arabimleri oluşturmanıza olanak tanıyan TARA Systems'in yerleşik GUI teknolojisidir [21].
- **µC/GUI:** µC / GUI, gömülü uygulamalar için evrensel bir grafik yazılımdır. µC / GUI, bir LCD denetleyici ve CPU ile hemen hemen her boyuttaki fiziksel veya sanal ekrana uyarlanabilir [22].
- **GUISlice:** GUISlice, C'de gömülü GUI menüleri ve ekranları sağlayan açık kaynaklı (ücretsiz), hafif platformdan bağımsız bir kitaplık sağlar [23].

- **GUI Lite:** C de acemi olan birisinin bile kolay bir şekilde öğrenebileceği bir grafik kütüphanesidir. Kaynak kodu yalnızca temel C++ özelliklerini kullanır. Kod boyutunu daha küçük ve okunması kolay olması için C++ seçilmiştir [24].
- **Qt:** 3B/2B kullanıcı arabirimleri ile yüksek performanslı gömülü sistemler oluşturur. Qt, ürün yaşam döngünüz boyunca yazılımınızı tasarlamak, geliştirmek, test etmek, devreye almak ve bakımını yapmak için ihtiyacınız olan her şeye sahiptir [25].
- **µGFX:** µGFX, tam özellikli gömülü bir GUI oluşturmak için gereken her şeyi sağlayan, ekranlar ve dokunmatik ekranlar için hafif yerleşik bir kitaplıktır. Kullanılmayan her özelliği devre dışı bırakarak çok hızlı çalışır [26].

Bu çalışmada, gömülü donanımlarla yaygın olarak kullanılan açık kaynak kültürünün ortaya koyduğu ve geliştirilmeye devam edilen LVGL (Light and Versatile Graphics Library) kitaplığı ve STMicroelectronics firmasının desteklediği ücretsiz TouchGFX kitaplığı derinlemesine irdelenmiştir. Öncelikle literatür taraması, ilgili forumlar, trend analizleri ve firmaların sağladığı bilgiler üzerinden derlenen veriler ışığında öne çıkan teknik ve ticari kriterler belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHODS)

2.1. GRAFİK KİTAPLIKLARI (GRAPHIC LIBRARIES)

2.1.1. TOUCHGFX (TOUCHGFX)

TouchGFX Designer programı STMicroelectronics firmasının bünyesinde olduğundan gömülü sistemlerde yaygın olarak kullanılan STM32 mikro denetleyiciler ile daha entegre çalışabilmektedir. TouchGFX Designer programı grafiksel arayüz kodlarını kendisi üretir bu sebeple kullanıcılar için ekstradan kodlama ihtiyacı yoktur.

2.1.2. LVGL (LVGL)

LVGL grafik kitaplığı açık kaynak kodlu bağımsız bir yapıdadır. LVGL’de kodlar kütüphaneden seçilerek kullanıcı tarafından girilmelidir. Bu da kodlama sürecini zorlaştırmakta, maliyet artışı ve hatalara sebep olabilmektedir.

2.2. KRİTERLER (CRITERIAS)

TouchGFX ve LVGL yi daha iyi anlayabilmek farklarını, benzerliklerini veya üstün yönlerini belirleyebilmek için bazı kriterler belirlenmiş ve bu kriterlere göre kıyaslama yapılmıştır.

2.2.1. MİNİMUM SİSTEM GEREKSİNİMLERİ (MINIMUM SYSTEM REQUIREMENTS)

Bir yazılımın çalışması için ihtiyaç duyduğu asgari donanımsal ve yazılımsal yeterliliğe minimum sistem gereksinimleri denmektedir. Her iki kitaplık işlemci ve bellek başta olmak üzere daha az sistem gereksinimine ihtiyaç duymaktadır. Her iki kütüphane en az 16 bit işlemci ve 16 MHz işleme hızı talep etmektedir. LVGL en az 64 Kb Flash ve 8 Kb RAM’e ihtiyaç duyarken [27] TouchGFX ise en az 20 Kb Flash ve 10 Kb RAM’e ihtiyaç duymaktadır [28].

2.2.2. LİSANS DURUMU (LICENSE)

Bir yazılımın ya da yazılıma bağlı nesnelerin; üreticisi tarafından, kullanımına dair belge düzenleyen devlet makamı tarafından, nesnenin kullanımı, geliştirilmesi, yeniden yapılandırılması, değiştirilmesi, alıntısının yapılabilmesi gibi hususları belirleyen belgeye yazılım lisansı denir [29]. LVGL Ücretsiz MIT lisansına sahiptir [27]. TouchGFX ise STMicroelectronics tarafından üretilmekte, lisanslanmaktadır ve şu aşamada geliştiriciler ücretsiz şekilde kullanabilmektedir [15].

2.2.3. PROGRAMLAMA VE KODLAMA (PROGRAMMING AND CODING)

Kodlama, bir bilgisayara ya da cihaza nasıl davranacağını, hangi durumlarda ne tepki vereceğini ve bu tepkiler sonucunda nelerin etkileneceğini belirtme işlemidir. Her iki kitaplıkta C++ ile uyumludur [28]. Ayrıca LVGL C ile de uyumludur [27]. Kitaplıkların seçime bağlı üretilen kod ile geliştiricinin kodu birbirinden tamamen bağımsız yapıda değildir, üretilen kod içerisinde belirtilen USER CODE alanlarına geliştiriciler kendi kodlarını yazarlar.

2.2.4. EKCRAN ARAÇLARI (WIDGETS)

Widget, görsel programlamada, bir kütüphanedeki grafik bileşenlere verilen isimdir. CheckBox, ListBox, Button gibi bileşenler birer widget'tır. Windows Gadget kelimelerinden türetilmiştir. Widgetler pratik uygulamalardır [30]. Her iki kitaplıkta kendine özgün widgetlara sahiptir. TouchGFX ayrıca tamamen özgün ve sınırsız tasarım imkanına sahip; widgetlar yapmaya olanak sağlamaktadır [28].

2.2.5. EKCRAN PERFORMANSI (DISPLAY PERFORMANCE)

Çoklu ekran desteği ve özel renk formatı desteği ekranın performansını gösteren iki önemli özelliktir. Her iki kitaplıkta çoklu ekran desteği ve özel renk formatı desteği bulunmaktadır.

2.2.6. ARAYÜZLER VE GİRİŞLER (INTERFACES AND I/O)

Kullanıcı arayüzü insanların bir makine, cihaz, bilgisayar programı ya da karmaşık aletlerle etkileşimini sağlayan yöntemlerin bileşkesine verilen addır [31]. Her iki kitaplıkta kullanımı kolay bir arayüz kullanılmaktadır. Bu sebeple geliştiriciler ekstra bir grafik tasarımcı desteğine ihtiyaç duymamaktadırlar.

2.2.7. ÇİZİM ÖZELLİKLERİ (DRAW FEATURES)

Kenar yumuşatma, gölge, maskeleyme ve tasarım imkanı gibi etmenler bir GUI'nin çizim özelliklerini belirler. Her iki kitaplıkta benzer çizim özelliklerine sahiptir.

2.2.8. METİN ÖZELLİKLERİ (FONT PROPERTIES)

Metinin sahip olduğu çoklu dil desteği, özel yazı tipleri desteği gibi özelliklerdir. Her iki kitaplıkta benzer özelliklere ve çoklu dil desteğine sahiptir. Özel olarak Türkçe dilini de desteklemektedir.

2.2.9. GÖRÜNTÜ ÖZELLİKLERİ (IMAGE PROPERTIES)

PNG entegrasyonu, özellikle şeffaf resim desteği açısından kritiktir. Böylelikle siyah-beyaz PNG resim içerisinde bir icon tutulabilir. Bu icon yada resim bir başka resim üzerine getirdiğinde, üstteki PNG'de beyaz/şeffaf alanlara denk gelen, alttaki resim kısımları gözükmek; üstteki PNG'de siyaha denk gelen kısımlar ise doğrudan gözükmek (alttaki resmi maskeleymiş / göstermemiş olur, o kısımda). Her iki kitaplıkta görüntülerin yeniden renklendirilmesi, gerçek zamanlı yakınlaştırma ve PNG entegrasyonu gibi benzer özelliklere sahiptir.

2.2.10. DERLEYİCİ PROGRAMLAR (COMPILER)

Derleyici, farklı bir dilde oluşturulan kaynak kodun istenilen farklı bir kod haline dönüştürülmesine yardımcı olan otomatikleştirilmiş programlardır. Derleyici programlar yaygın olarak executable code olarak tanımlanan hemen çalıştırılabilir kodlar üretmektedir. Her iki kitaplıkta Cortex, Keil, IAR ve STM32IDE gibi mikrodenetleyici derleyicilerini desteklemektedir [27][28].

2.2.11. AKILLI TELEFON ÖZELLİKLERİ (MOBILE FEATURES)

Her iki kitaplıkta kaydırma, video oynatma ve dokunmatik hareketleri gibi akıllı telefon özelliklerine sahiptir [27][28].

2.2.12. POPÜLERLİK (POPULARITY)

Her iki kitaplıkta en popüler kitaplıklar arasındadır. Birbirlerine yakın popülerlik seviyeleri olmasına rağmen TouchGFX, LVGL'ye oranla biraz daha popülerdir (Şekil 1).

2.2.13. TEKNİK DESTEK (SUPPORT)

Her iki kitaplığında forumlarında birbirlerine yakın sayıda soru sorulmuş (LVGL 2.300 soru, TouchGFX 2.600 soru) ve en geç bir kaç gün içinde cevap verilmektedir. Buradan elde edilen bilgiler ışığında her iki kitaplıkta teknik destek konusunda yeterli seviyededir.

2.2.14. AÇIK KAYNAK (OPEN SOURCE)

Açık kaynak, bir bilgisayar yazılımının makine diline dönüştürülüp kullanımından önceki, programcılar tarafından okunur, anlaşılır, yeni amaçlara uygun değiştirilebilir hâlinin gizli tutulmayıp açık, yani okunabilir hâlde kamuya paylaşıyor olmasına verilen isimdir [32]. LVGL açık kaynak olmasına rağmen [27] TouchGFX ise STMicroelectronics'ın bir ürünüdür [28].

2.2.15. MALİYET (COST)

Her iki kitaplıkta ücretsizdir [27][28].

Literatür araştırması, forumlar, internet siteleri, Google Trends ve firmaların sağladığı bilgiler üzerinden veriler toplanmış ve bu veriler incelenerek öne çıkan teknik ve ticari kriterler belirlenmiştir. Minimum sistem gereksinimleri, lisans durumu, programlama ve kodlama, ekran araçları (widgets), ekran performansı, arayüzler ve girişler, çizim özellikleri, metin özellikleri, görüntü özellikleri, stiller, derleyici programları, akıllı telefon özellikleri, uluslararası ve yerel kullanım imkanları, popülerlik, etkinlik, teknik destek, kaynak, maliyet vb. kriterler arasında karşılaştırma yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Her iki kitaplıkta detaylı bir şekilde incelenmiş ve bunlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Her iki kitaplık işletim sistemi bağımlılığı olmaksızın çalışabilmektedir. Buna göre her iki kitaplıkta ücretsiz, C++ ile uyumlu ve düşük sistem gereksinimi ile çalışabilmektedir. LVGL'nin başlıca avantajı açık kaynak kodlu olmasıdır. TouchGFX'in başlıca avantajı ise GUI araçlarını kolaylıkla düzenlemeye yarayan ve kod üretimini sunan WYSIWYG aracına sahip olmasıdır.

Tablo 1. LVGL ve TouchGFX Benzerlikleri ve Farklılıkları

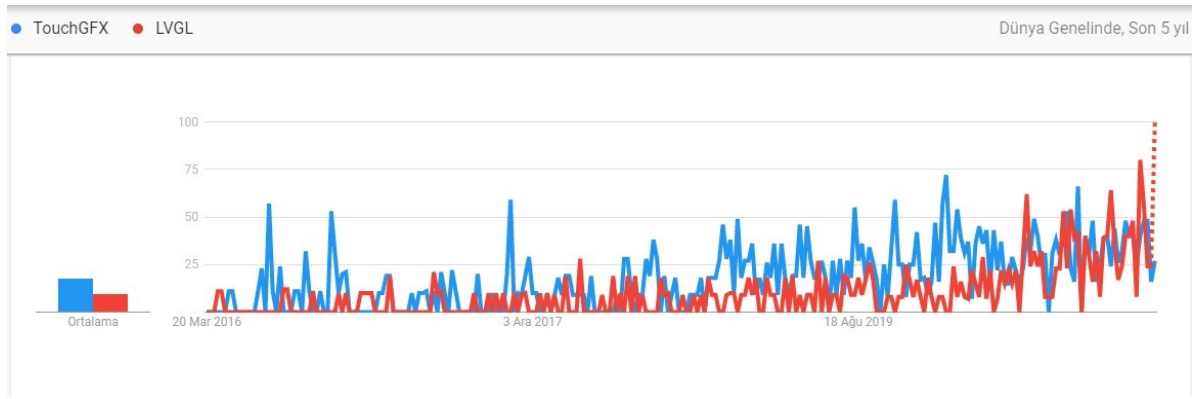
<i>Minimum Sistem Gereksinimleri</i>	<i>LVGL</i>	<i>TouchGFX</i>
<i>Mikroişlemci (bit)</i>	<i>16 bit</i>	<i>16 bit</i>
<i>Mikroişlemci (Hız)</i>	<i>16 MHz</i>	<i>16 MHz</i>
<i>Bellek</i>	<i>8 kB RAM</i>	<i>10 kB RAM</i>
<i>Hafıza</i>	<i>64 kB Flash</i>	<i>20 kB Flash</i>
<i>Lisans Durumu</i>	<i>MIT license</i>	<i>STMicroelectronics</i>
<i>Programlama ve Kodlama</i>		
<i>C/C++ desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>

<i>microPython desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Yok</i>
<i>Yeniden üretilebilir kod desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Atollic, TrueStudio, CubeMX gibi araçlarla entegrasyon</i>	<i>Yok</i>	<i>Var</i>
<i>IAR Embedded Workbench, Arm Keil ve GCC tabanlı IDE'lerle entegrasyon</i>	<i>Yok</i>	<i>Var</i>
<i>Ekran Araçları</i>		
<i>Widget Sayısı</i>	<i>30'dan fazla</i>	<i>36'dan fazla</i>
<i>Özel widget tasarım desteği</i>	<i>Yok</i>	<i>Var</i>
<i>Ekran Performansı</i>		
<i>Çoklu ekran desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Özel renk formatı desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Arayüzler ve Girişler</i>		
<i>Basit ve Kullanıcı Dostu Bir Arayüz</i>	<i>Evet</i>	<i>Evet</i>
<i>Harici Bir Grafik Tasarımcıya Duyulan İhtiyaç</i>	<i>Yok</i>	<i>Yok</i>
<i>Özel Grafik Kullanımında Kısıtlıma</i>	<i>Yok</i>	<i>Yok</i>
<i>Dokunmatik Yüzeysiz Gezinme için Tuş Takımı Desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Bilinmiyor</i>
<i>Aynı Ekran İçin Çoklu Cihaz Girişi</i>	<i>Var</i>	<i>Bilinmiyor</i>
<i>Çizim Özellikleri</i>		
<i>Kenar Yumuşatma</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Yarıçaplı Dikdörtgen</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Yarıçaplı Sınır</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Gölge</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Maskeleme</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Sınırsız Tasarım İmkani</i>	<i>Yok</i>	<i>Var</i>
<i>Metin Özellikleri</i>		
<i>Kenar Yumuşatma</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Karakter Aralığı</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>

<i>Kelime Kaydırma</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Özel Yazı Tipleri</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Çoklu Dil Desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Türkçe Dil Desteği</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Tam Çeviri Hizmeti</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
Görüntü Özellikleri		
<i>Gerçek Zamanlı Renklendirme</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Gerçek Zamanlı Yakınlaştırma</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Harici bellek birimi kullanabilme (SD Kart vb.)</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>PNG Entegrasyonu</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
Derleyici Programlar		
<i>Cortex-M0 +, M3, M4, M33 ve M7 ile</i>	<i>Çalışır</i>	<i>Çalışır</i>
<i>Keil</i>	<i>Destekler</i>	<i>Destekler</i>
<i>IAR</i>	<i>Destekler</i>	<i>Destekler</i>
<i>STM32CubeIDE</i>	<i>Destekler</i>	<i>Destekler</i>
Akıllı Telefon Özellikleri		
<i>Ekranı Sürükleme</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Kaydırma</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>3D efektler</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Video oynatma</i>	<i>Yok</i>	<i>Var</i>
<i>Alfa karıştırma</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Kenarları yumuşatılmış yazı tipleri</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
<i>Dokunmatik hareketleri</i>	<i>Var</i>	<i>Var</i>
Popülerlik	<i>Google Trends verilerine göre son 5 yılda 100 üzerinden 10 aranma değerine ulaşmıştır.</i>	<i>Google Trends verilerine göre son 5 yılda 100 üzerinden 18 aranma değerine ulaşmıştır.</i>
Teknik Destek		

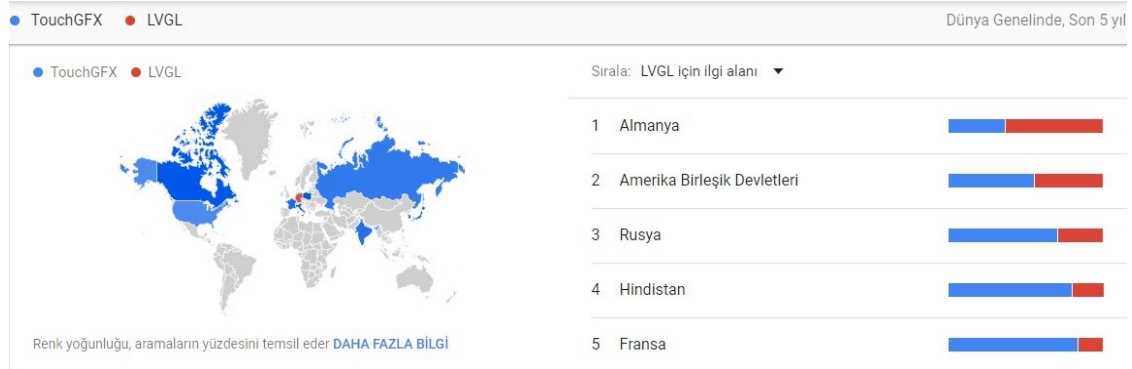
<i>Forumdaki Soru Sayısı</i>	2.300 Adet [37]	2.627 Adet [28]
<i>Aktif Kullanıcı Sayısı</i>	1 Ayda 260 kullanıcı [37]	Bilinmiyor
<i>Kaynak</i>	Açık Kaynak Topluluğu	STMicroelectronics
<i>Maliyet</i>	Ücretsiz	Ücretsiz

Google Trends verilerinin incelemesinde son 5 yıldaki LVGL ve TouchGFX arasındaki aramaların %65'ini TouchGFX oluşturmaktadır. Böylelikle son 5 yıl içerisinde TouchGFX'in daha yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 1). Karşılaşılan problemlerin çözümü ile alakalı olarak TouchGFX için kullanılan [33] forum sitesinde ve LVGL için kullanılan [34] forum sitesindeki göre %16 daha fazla etkinliğe rastlanmıştır (Tablo 1). Buna rağmen son 1 ayda açılan konu sayısında LVGL'nin önde olduğu (LVGL 118 konu, TouchGFX 103 konu) [34],[[touchgfxforum](#)] görülmektedir. Google arama verilerinde grafik incelendiğinde; %65 lik aranma oranının geçmişteki aranma sayısı üstünlüğüne bağlı olduğu görülmektedir. Günümüze yaklaştıkça LVGL ve TouchGFX'in aranma grafikleri birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir (LVGL %51 TouchGFX %49). LVGL geçmişe göre, günümüze yaklaştıkça TouchGFX'e göre benzer oranlarda kullanılmaya hatta daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. (Şekil 1).



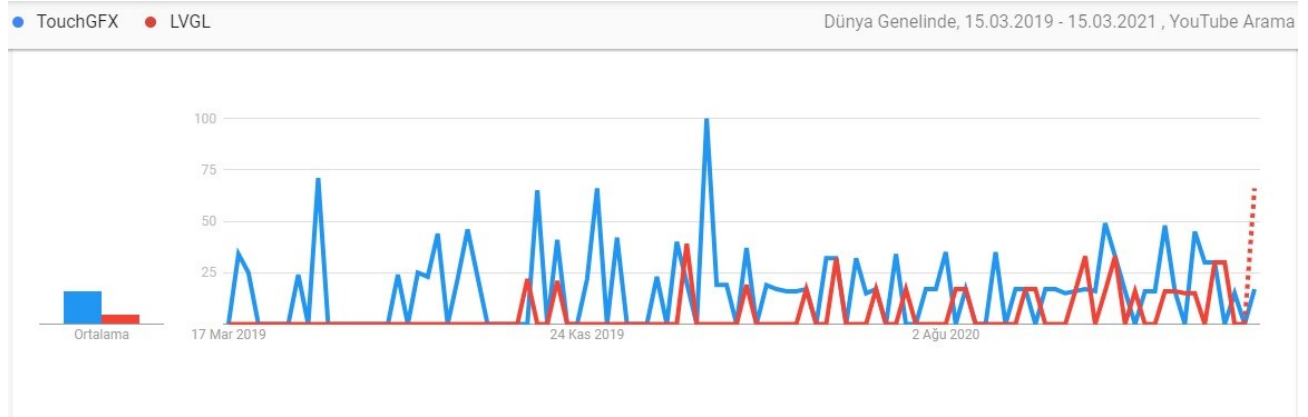
Şekil 1. TouchGFX ve LVGL 15 Mart 2021 itibari ile son 5 yıldaki google arama sayıları kıyaslaması (Tüm Dünya) [35]

Google trends verileri ülkeye göre incelendiğinde bu 2 GUI kitaplığının arandığı ülkeler arasında sadece Almanya'da LVGL aranma sayısı olarak TouchGFX'i geride bırakabilmiştir (LVGL %67 TouchGFX %33). Buna en yakın olarak ABD (Amerika Birleşik Devletleri)'yi görmekteyiz. Fakat ABD'de ufak bir fark olsa da TouchGFX'in üstünlüğü görülmektedir (LVGL %45 TouchGFX %55). Geri kalan ülkelerin tamamında TouchGFX daha fazla aranmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. TouchGFX ve LVGL 15 Mart 2021 itibari ile son 5 yıldaki aranma sayıları ülkelere göre dağılımı [35]

Youtube arama sayıları kıyaslandığında (Şekil 3) geçtiğimiz son 3 yıldaki TouchGFX ve LVGL arasındaki aramaların %75'ini TouchGFX oluşturmaktadır. Günümüze yaklaştıkça bu oranda %60 olarak TouchGFX'in üstünlüğü görülmektedir. Bu aramaların son kullanıcı bazında Youtube'da aktif proje yapan veya yapmak için araştırma yapan insanlar olduğunu varsayabiliriz. Yapılan varsayım ile bilinirlik ve teknik destek gibi konulardaki verilere yardımcı ek veri olarak kullanılabilir.



Şekil 3. TouchGFX ve LVGL 15 Mart 2021 itibari ile son 3 yıldaki youtube arama sayıları [36]

TouchGFX kütüphanesinde yapılan güncelleştirmeler daha hızlı ve kolay bir şekilde uygulanabilmektedir. TouchGFX kütüphanesine gelen bir güncelleme önceden yazılmış bir koda aktif bir şekilde kendi kendine dönüşürken LVGL de ise dönüşmemekte ve migration guide'ların geliştirici tarafından uygulanmasını gerektirmektedir. Bu durum güncellemelerde büyük zorluklar yaşanmasına neden olmaktadır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

TFT ekranlar teknolojinin ilerlemesi ile daha yaygın hale gelmiştir. TFT ekranların daha yaygın hale gelmesi ile GUI kullanımı artmıştır. Dokunmatik ekranlı GUI'ler her yerde karşımıza çıkmaktadır. GUI hazırlamanın en çok tercih edilen yöntemlerinden birisi de kütüphaneler ve derleyiciler kullanmaktır. En popüler gömülü donanımlara özel GUI kütüphanesi (LVGL ve TouchGFX) bu çalışmada detaylı olarak incelenmiştir.

Derlenen veriler ışığında minimum sistem gereksinimi, lisans durumu, kod üretim kabiliyeti, ekran bileşen desteği, performans, sunduğu arayüzler ve giriş seçenekleri, çizim kabiliyetleri, metin özellikleri, görüntü özellikleri, stiller, derleyici programları, popülerlik, teknik destek kriterleri her iki kitaplık açısından karşılaştırılmıştır. TouchGFX kullanıcı dostu arayüzü ve güncellemeleri eski kodlara uyarlaması ile dikkat çekmektedir. LVGL ise açık kaynak kodu ve bağımsız girişimciler tarafından desteklenmesi ve geliştiricilere hızlı prototip oluşturma veya ticari ürünler geliştirme için sade çözüm sunan MicroPython desteğiyle öne çıkmaktadır.

Her iki kütüphanede ücretsiz ve TFT ekranlarda sorunsuz çalışmaktadır. Her iki GUI kitaplığı yaygın olarak kullanılmaktadır fakat TouchGFX rakibine göre biraz daha fazla kullanılmaktadır.

Yaygın olarak kullanılan diğer grafik arayüz kitaplıkları da dahil edilerek çözümlüğe, widget sayısına, saniyede kare sayısına vb bağlı olarak sistem gereksinimi ve performans kıyaslanması gelecek çalışmalarda yapılmasına ihtiyaç vardır.

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışma AYGÜN Cerrahi Aletler A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Dumpa Prasad, P. Rahul Reddy, B. Sreelatha, Koya Jeevan Reddy, Sudharsan Jayabalan, Asisa Kumar, Panigrahy (2021) “Recent developments in code compression techniques for embedded systems” Materials Today: Proceedings DOI:10.1016/j.matpr.2021.02.643
- [2] P.D.S. Manoj, H. Yu (2013) “Cyber-physical management for heterogeneously integrated 3D thousand-core on-chip microprocessor” IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (2013)
- [3] J. Lin, S. Zhu, Z. Yu, D. Xu, P.D.S. Manoj, H. Yu (2015) “A scalable and reconfigurable 2.5D integrated multicore processor on silicon interposer” IEEE Custom Integrated Circuits Conf. (2015)
- [4] Ming-Chih Chen, Jian-Yu Ciou, Guei-Sen Jhang, Yu-Shan Liang (2016) “LED image display system with mobile APP control” Computers and Electrical Engineering 52 (2016) 1-11
- [5] Yang Li and Yunliang Wang (2015) “Design of control system of Smart Home based on embedded Linux” International Conference on Information Sciences, Machinery, Materials and Energy (ICISMME 2015)
- [6] Senka Krivić, Muhidin Hujdur, Aida Mrzić and Samim Konjicija (2012) “Design and Implementation of Fuzzy Controller on Embedded Computer for Water Level Control” MIPRO 2012, May 21-25,2012, Opatija, Croatia
- [7] Liu-Yang, Kun-Yue, Heming- Pang, Linying-Jiang (2010) “The Research of Qt Embedded and Embedded Linux Application in the Intelligent Monitoring System Control” 2010 2nd International Conference on Advanced Computer Control DOI: 10.1109/ICACC.2010.5487189
- [8] 2009 ile 2020 tarihleri arasında Google Play Store kullanılabilir uygulama sayısı. İnternet <https://www.statista.com/statistics/266210/number-of-availableapplications-in-the-google-play-store/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [9] 2015 ile 2020 yılları arasındaki App Store kullanılabilir uygulama sayısı. İnternet: <https://www.statista.com/statistics/779768/number-of-available-apps-in-the-apple-app-store-quarter/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [10] Andrew Hunt, David Thomas (1999) The Pragmatic Programmer Paperback – 24 Nov. 1999,
- [11] Le Yang, Yongsun Choi, Changjun Seo, Tongfeng Yang, MinSung Kim (2007) “Design of VY: A Mini Visual IDE for the Development of GUI in Embedded Devices” Fifth International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications DOI: 10.1109/SERA.2007.49
- [12] Da-peng Tan, Shu-ting Chen, Guan-jun Bao, Li-bin Zhang (2018) “An embedded lightweight GUI component library and ergonomics optimization method for industry process monitoring” Tan et al. / Front Inform Technol Electron Eng 2018 19(5):604-625 DOI: 10.1631/FITEE.1601660
- [13] Light and Versatile Graphics Library, internet: <https://lvgl.io/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [14] Ekaterina Kuzheleva (2021) “Designing UI for Embedded Devices: Four Factors to Remember” Designing UI for Embedded Devices: Four Factors to Remember
- [15] TouchGFX ürüne genel bir bakış, internet: <https://www.st.com/en/development-tools/touchgfxdesigner.html> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [16] Total Cross ,internet: <https://totalcross.com/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)

- [17] emWin - Gömülü Grafik Kitaplığı ,internet : <https://www.segger.com/products/user-interface/emwin/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [18] StemWin ürüne genel bir bakış, internet: <https://www.st.com/en/embedded-software/stemwin.html#overview> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [19] wxWidgets platformlar arası GUI kitaplığı, internet: <https://www.wxwidgets.org/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [20] MCUXpresso SDK Oluşturucu, internet: <https://mcuxpresso.nxp.com/en/welcome> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [21] Tara-Systems, GUI geliştirmenizi basitleştirir, internet: <https://www.tara-systems.de/components/embedded-wizard/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [22] Gömülü Ürünleriniz için μ C / GUI, internet: <http://www.testech-elect.com/ucos/ucgui.htm> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [23] GUIslice: Ahududu PI ve Arduino için C'de Dokunmatik GUI, internet: <https://www.impulseadventure.com/elec/guislice-gui.html> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [24] GuiLite:Tüm platformlar için GUI kitaplığı, internet: <https://github.com/idea4good/GuiLite> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [25] Qt: Gömülü sistemler ve masaüstü için çapraz platform yazılım geliştirme, internet: <https://www.qt.io/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [26] μ GFX: Ekranlar ve dokunmatik ekranlar için bir GUI kitaplığı, internet: <https://ugfx.io/> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [27] LVGL özellikleri, internet: <https://lvgl.io/features> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [28] TouchGFX özellikleri, internet: https://www.st.com/content/st_com/en/stm32-graphic-user-interface.html (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [29] Yazılım lisansı nedir sorusuna bir cevap, internet: https://tr.wikipedia.org/wiki/Yaz%C4%B1m_lisans%C4%B1 (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [30] Widget hakkında bilgi, internet: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Widget> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [31] Kullanıcı arayüzü nedir sorusuna bir cevap, internet: https://tr.wikipedia.org/wiki/Kullan%C4%B1c%C4%B1_aray%C3%BCz%C3%BC (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [32] Açık kaynak nedir sorusuna bir cevap, internet: https://tr.wikipedia.org/wiki/A%C3%A7%C4%B1k_kaynak (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [33] TouchGFX Forumu, internet: <https://community.st.com/s/topic/0TO0X0000003iw6WAA/touchgfx> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [34] LVGL Forumu internet: forum.lvgl.io (Erişim Tarihi: 22.03.2021)
- [35] Google Trend 15 Mart 2021 itibari ile Google'da LVGL ve TouchGFX arasındaki aranma oranları, internet: <https://trends.google.com.tr/trends/explore?date=2016-03-15%202021-03-07&q=TouchGFX,LVGL> (Erişim Tarihi: 15.03.2021)

[36] Google Trend 15 Mart 2021 itibari ile Youtube’da LVGL ve TouchGFX arasındaki aranma oranları, internet: <https://trends.google.com.tr/trends/explore?date=2019-03-15%202021-03-15&gprop=youtube&q=TouchGFX,LVGL> (Erişim Tarihi: 15.03.2021)

[37] LVGL hakkında, internet: <https://forum.lvgl.io/about> (Erişim Tarihi: 22.03.2021)