

Arduino UNO ve MEMS Devresi Entegrasyonu ile İvmeölçer Cihaz Tasarımı

D. Erkek^{1*}, Ş.C. Tunç¹, A. Kömeç Mutlu², A.A. Dindar² and Ü. Mert Tuğsal²



¹İnşaat Müh. Lisans Öğrencisi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

²Öğretim Üyesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

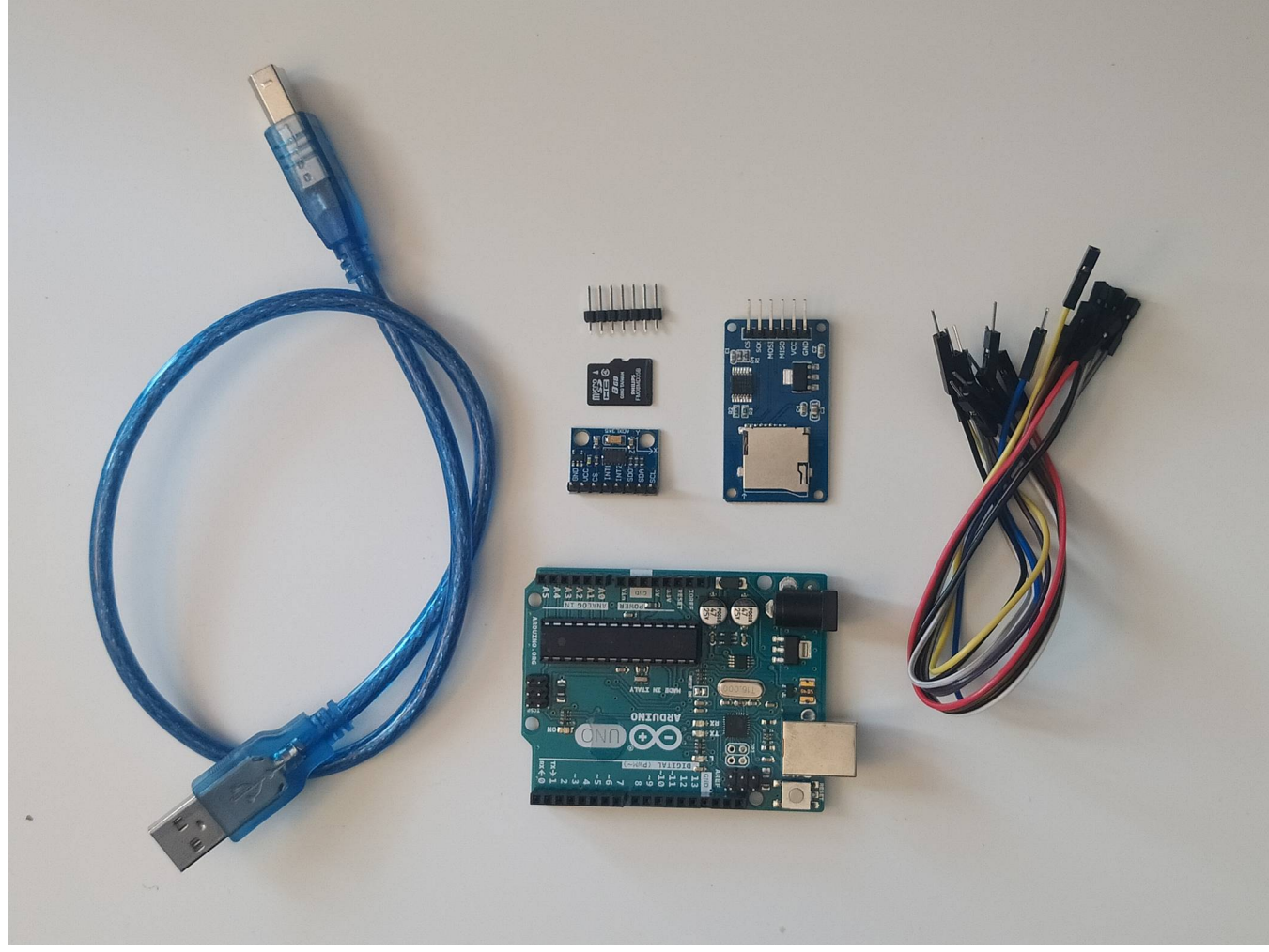
Email: d.erkek2018@gtu.edu.tr



Özet ve Motivasyon

İnşaat Mühendisliği lisans eğitiminde en önemli konulardan biri depreme dayanıklı tasarıma yönelik yapıların tepki analizidir. Sismik tehlikelere karşı alınması gereken önlemler sadece depreme dayanıklı binaların tasarımını değil, aynı zamanda bu yapıların mukavemet ve dinamik özelliklerinin izlenmesini de kapsamaktadır. Gebze Teknik Üniversitesi (GTÜ) İnşaat Mühendisliği Bölümünde, lisans öğrencilerimizi uygulama araçlarını kullanarak teorik derslerde edindikleri bilgiyi kalıcı hale getirmeyi ve yetkin mühendisler olarak mezun olmalarını hedefliyoruz. Bu amaçla, sismik güvenliğin en iyi uygulamalarını öğrenme sürecinde yapısal titreşim verilerini kaydeden ve görselleştiren Arduino tabanlı bir ivmeölçer cihaz ve yazılım seti tasarladık.

Tasarlamış olduğumuz cihaz; Arduino UNO kart, ADXL345 MEMS (MicroElectroMechanicSensor) ivmeölçer ve microSD kart modülünden oluşmaktadır. Cihazda hem Arduino hem de Python açık kaynaklı programlama dilleri tercih edildi. Titreşim verilerini kaydetmek, titreşim ölçümü ve yorumlaması için yaygın olarak kullanılan bu kartları ve sensörleri entegre ederek, toplam 15 ivmeölçer (ACCE_edu -Arduino based aCcelerometer for Civil Engineering education) tasarladık. GTÜ lisans programındaki 'Python Programlama' dersleri kapsamında bu araç setleri, veri işlemede pratik bir uygulama sağlayan Python programlama dili kullanılarak kaydedilecek, saklanacak, görselleştirilecek ve filtrelenecek verilerin elde edilmesinde kullanılacaktır.



Şekil 1. ACCE_edu cihazlarında kullanılan malzemeler

Hızla gelişen teknolojinin bilime katkıları yadsınamaz. Bu katkılardan biri MEMS sensörleridir. Bu sensörler, yüksek hassasiyetleri ve küçük boyutları nedeniyle roket endüstrisi, uçaklar, cep telefonları gibi farklı amaçlara hizmet ederek, yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, gömülü MEMS sensörlü devre kartları, Yer Bilimleri ve İnşaat Mühendisliği çalışmalarında (<https://raspberrysake.org>); sismik güvenlik konularında bilinç oluşturmak için Arduino ve Mikro Elektro-Mekanik Sensör (MEMS) tabanlı sismograf kullanımına dayanan bir eğitim programında (Sarao ve ark., 2016) yaygın olarak kullanılmaktadır. Hasar değerlendirme stratejisi sürecinde Yapısal Sağlık İzleme (SHM) uygulamaları için de benzer cihazlar kullanılabilir. Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi (CSEM-EMSC) bünyesinde faaliyet gösteren "Quake Catcher Network" (Quake Catcher, 2019) ve "Community Seismic Network" önemli SHM ağları buna örnek olarak verilebilir.

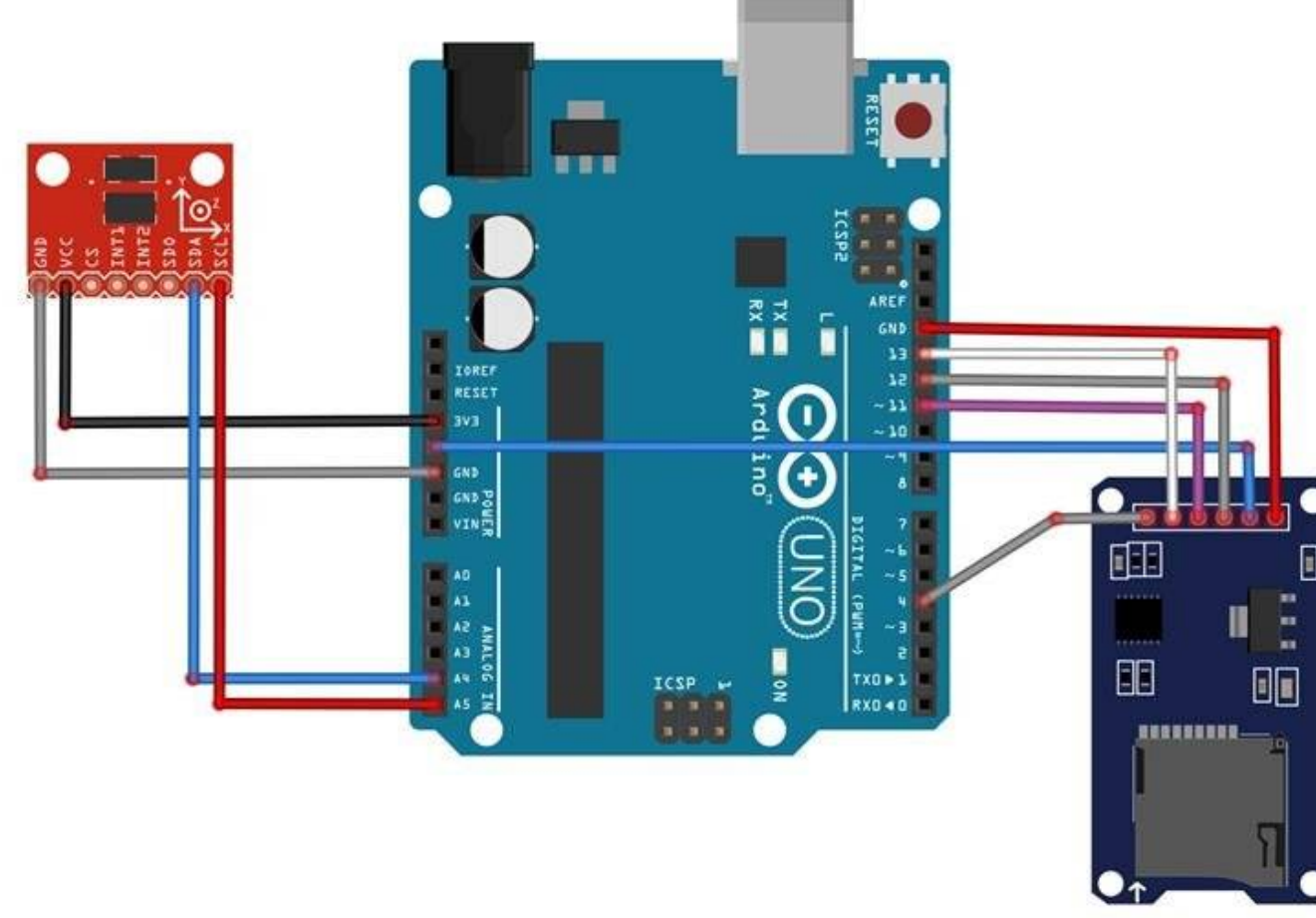
Dünyada uygulama alanları hızla artan MEMS tabanlı cihazların kullanılması ve bu cihazlarla toplanacak verilerin yorumlanabilirliğinin, yoğun sismisite gösteren Türkiye'deki inşaat sektörüne faydalı katkı sağlayacağı yadsınamaz bir gerçektir. Bu farkındalık nedeniyle, MEMS verilerini toplama, işleme ve yorumlama becerilerinin kazanılmasının zorunluluğun ötesine geçtiğine inanılmaktadır.

Cihaz Tasarım Basamakları

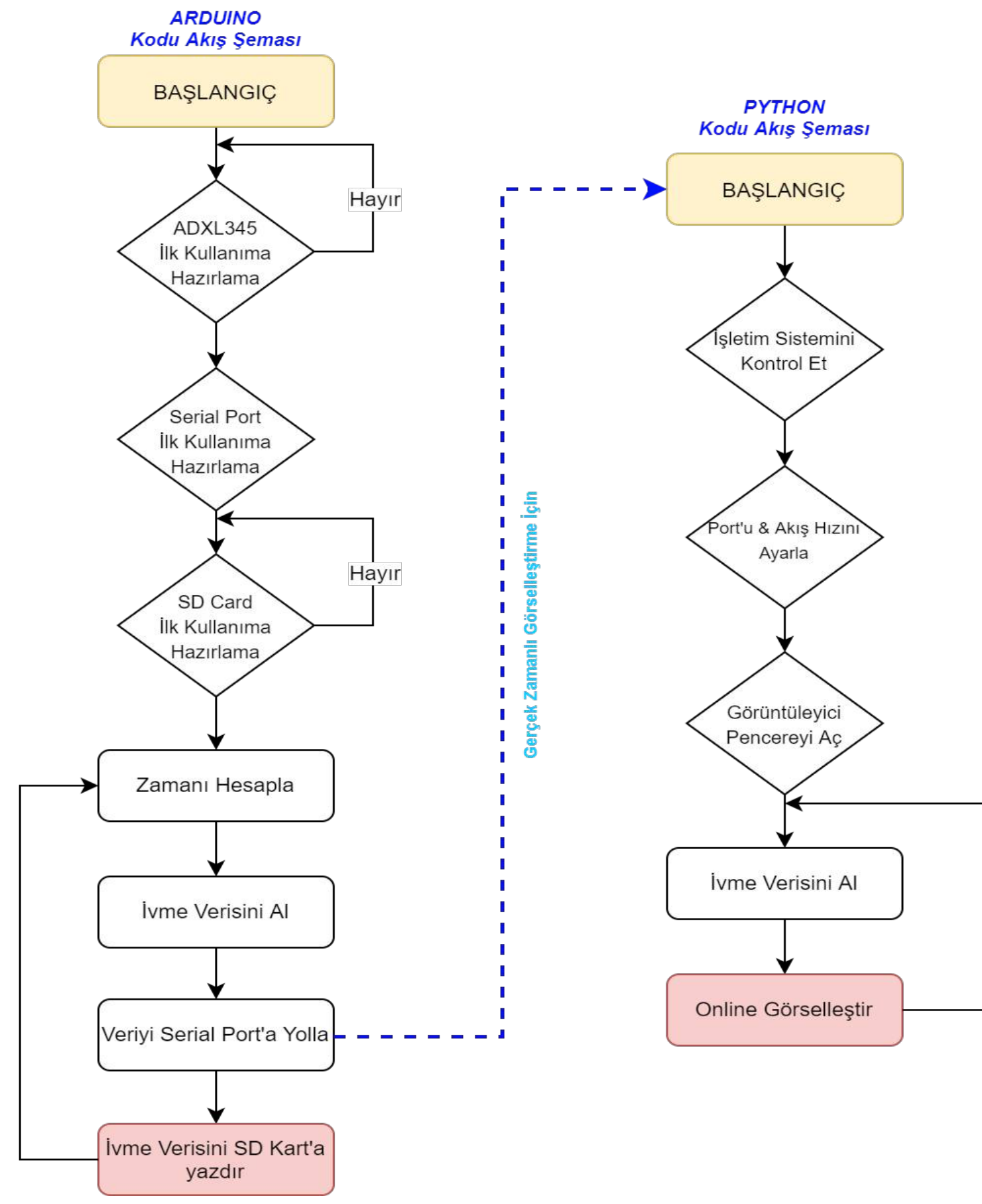
Tasarlanan cihazda aşağıda listelenen bileşenle kullanılmıştır.

1. **Arduino UNO** : Devre kartı.
2. **ADXL345** : İvmeölçer sensör, ± 16 g'a kadar yüksek çözünürlüklü (13 bit) ölçüme sahip küçük, ince, ultra-düşük güçlü, 3 eksenli bir ivme sensörüdür. (ADXL345 Datasheet)
3. **Micro-SD Modülü** : SPI protokolünü kullanan microSD kartları okumak ve yazmak için ek modül.
4. **Micro-SD Kart** : Zaman-serisi verilerini kaydetmek ve saklamak üzere kullanılan micro hafıza kartı.
5. **Bağlantı Kabloları** : Farklı uzunluklarda iletken kablolar.

Cihaz Tasarım Basamakları

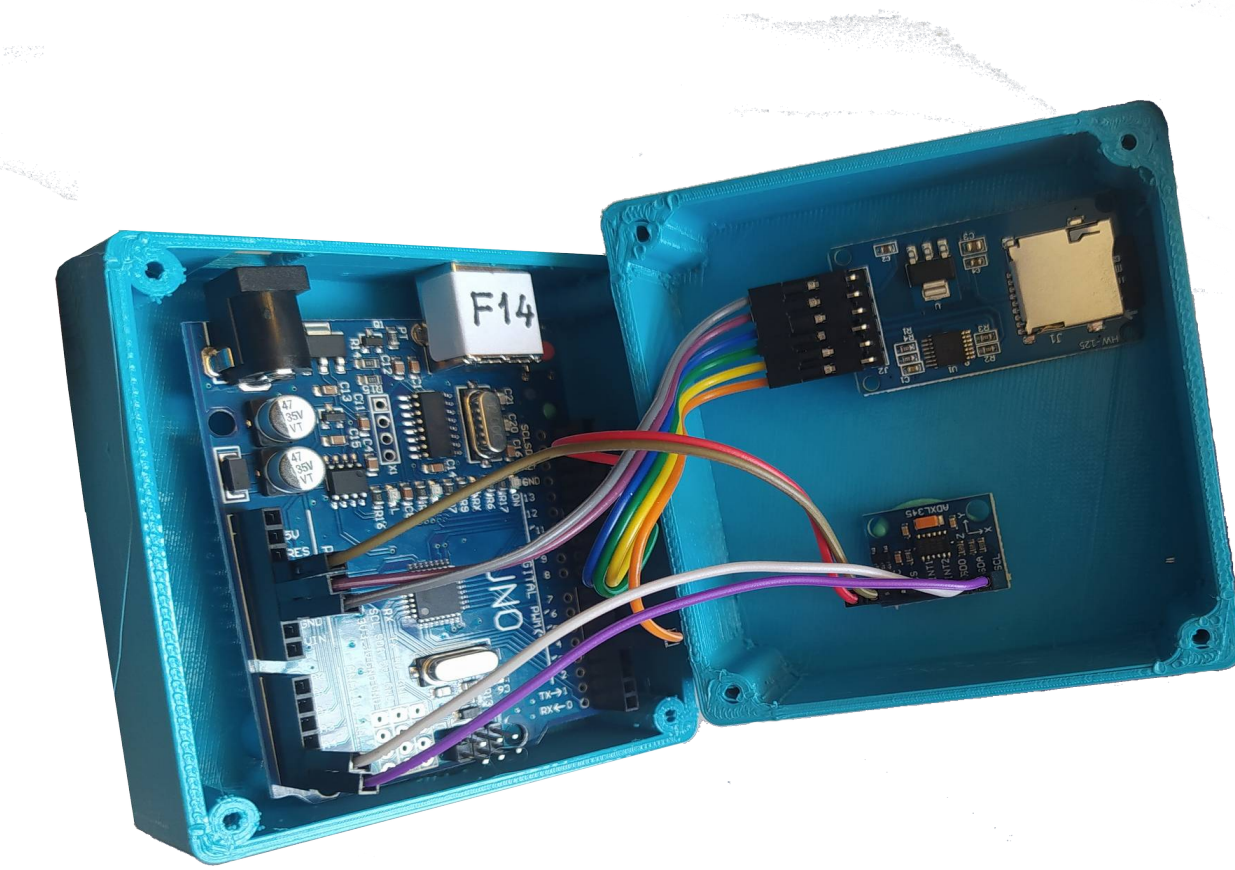


Bilgisayar üzerinden erişim sağlamak için Arduino IDE uygulaması indirildi ve daha sonra devreler, bilgisayar ile bir USB portu üzerinden bağlandı. Ardından, devrelerin 'COM' bilgilerine bakılarak tüm devrelerin hazır olduğu kontrol edildi. Bu adımı takiben, ADXL345 ivmeölçerler Arduino UNO Kartlarına birer birer takıldı ve hepsinin de hazır olup olmadığı gözden geçirildi. Son adımda, yukarıda belirtilen tüm aşamalar SD Kart Modülü için de uygulandı. Tüm bu adımlardan sonra, x-y-z ivme verilerini çekmek, gerekli kodları Arduino IDE'ye yüklemek ve SD Kart Modülü aracılığıyla SD Karta veri saklamak için cihazlar kullanılabilir duruma geldi. Bu adımdan sonra, Arduino UNO ile Python arasında Seri port üzerinden iletilmesi ve elde edilmesi gereken verileri canlı grafik olarak görselleştirmemizi sağlayan bir algoritma oluşturuldu (Şekil 3).



Şekil 3. Arduino&Python Kodları Akış Şeması

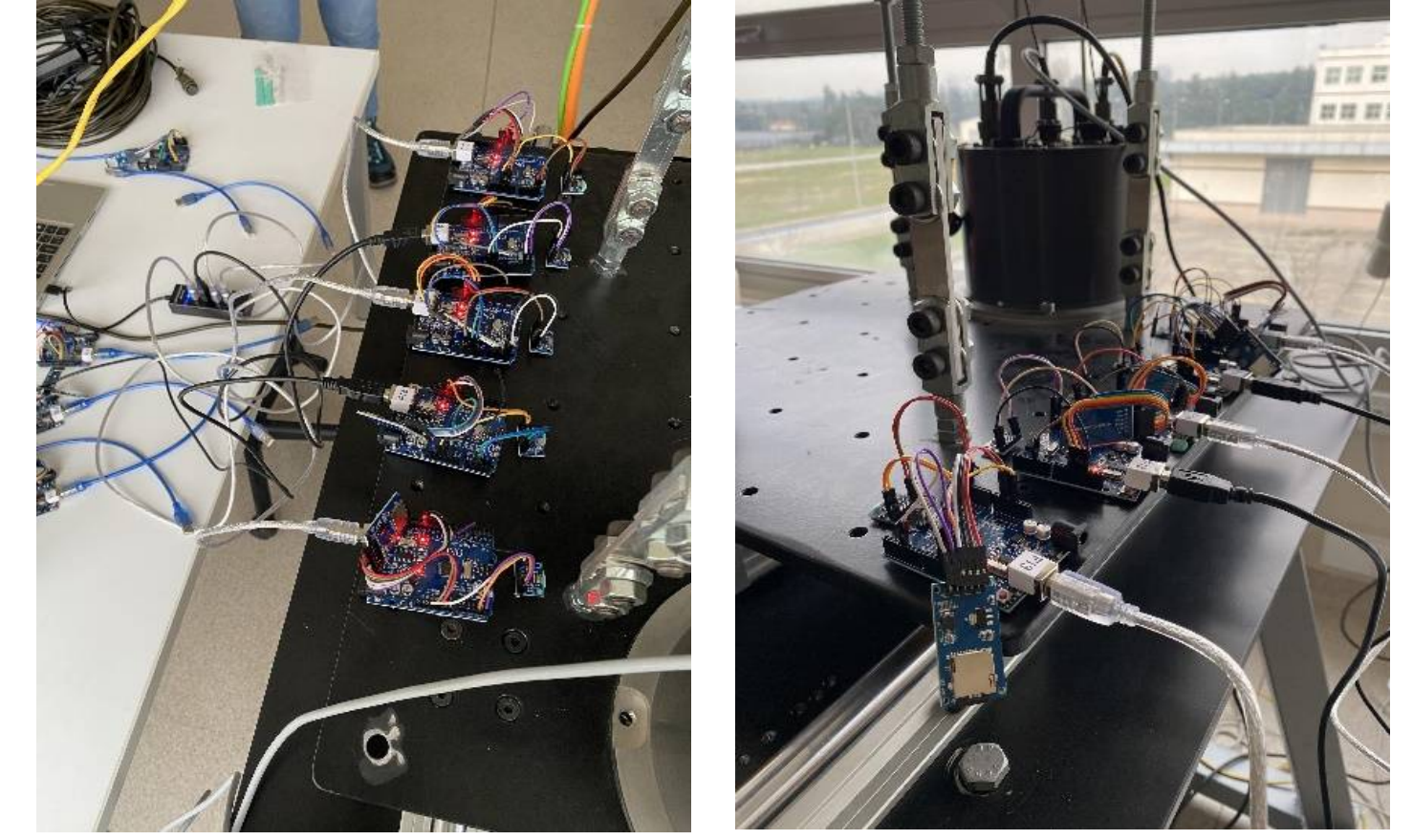
Autodesk Fusion360 kullanılarak üç boyutlu kutu tasarımı oluşturuldu, böylece cihazlar olumsuz koşullardan korundu. (Şekil 4).



Şekil 4. ACCE_edu 3D kutu montajı

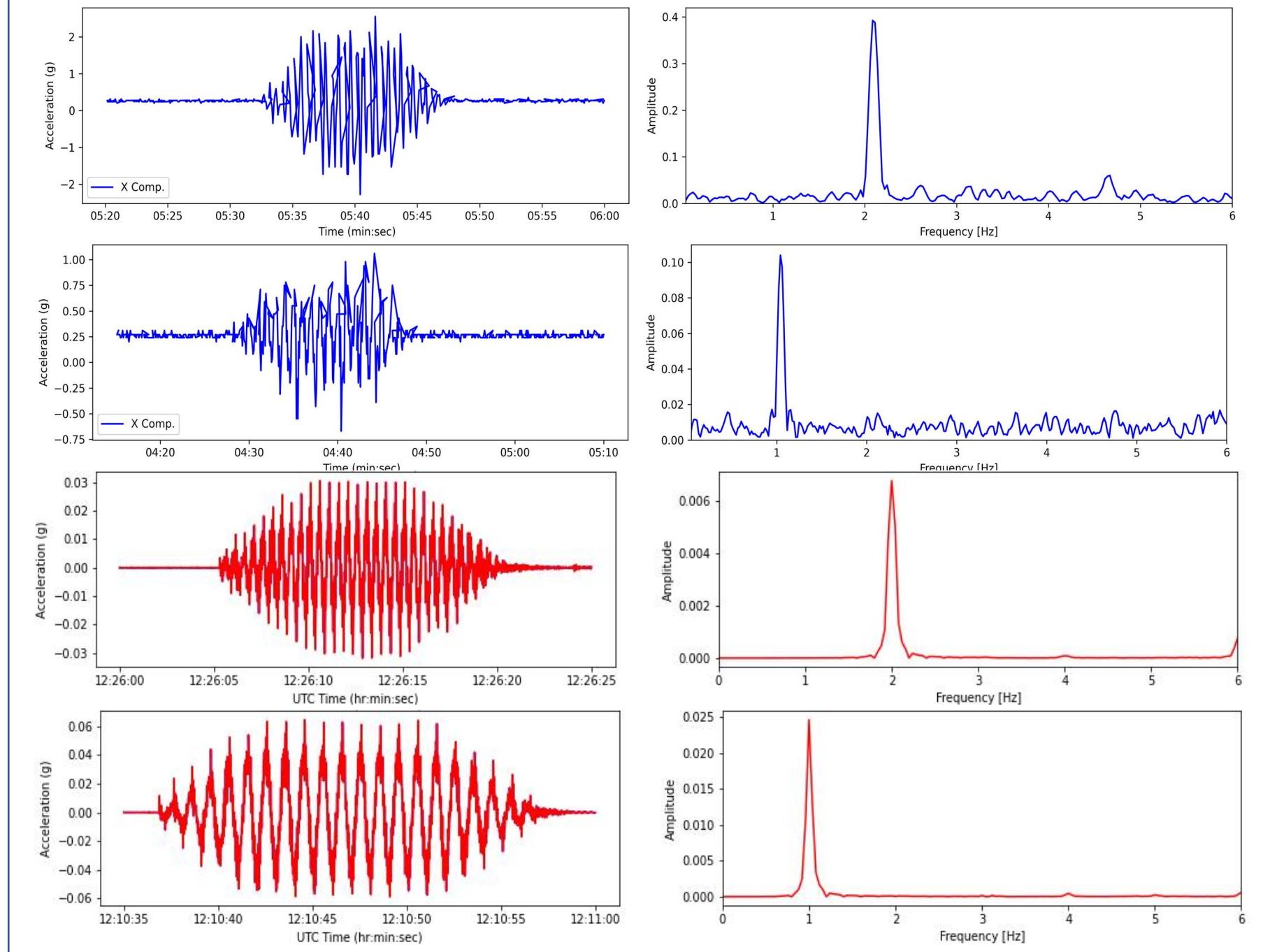
Cihaz Performans Testi

Tasarlanan cihaz, üzerine entegre ivmeölçerlerin sınırlı hassasiyeti nedeniyle özellikle gürültü seviyesi yüksek bir cihazdır. GTÜ Deprem ve Yapı Laboruarında yapılan testler cihazın hassasiyetini değil, performansını değerlendirmeye yöneliktir. Cihazlar, sarsma masası üzerinde, aynı titreşime maruz bırakılarak, Güralp CMG-5TD ivmeölçer in aldığı kayıt ile karşılaştırmalı olarak denenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. ACCE_edu cihaz kalibrasyon testi

Güralp CMG-5T ivmeölçer ile ACCE_edu cihazından alınan kayıtlar Şekil 6'da gösterilmiştir. Mavi renkten oluşan grafik, ACCE_edu'nun sarsma masası test çıktısını (ID: ACCE_019) ve kırmızı renkten oluşan grafik ise Güralp CMG-5TD ivmeölçer test çıktısını temsil etmektedir. Şekil 6'da sol sütunda orijinal sinyal, sağ sütunda ise FFT grafikleri görülmektedir. Sarsma masası, sırasıyla 1 Hz ve 2 Hz sinüs dalgası ile sarsılarak elde edilen kayıtlarda ACCE_019 ve Güralp CMG-5TD zaman ve frekans uyumu görülmektedir.



Şekil 6. ACCE_019 ve Güralp CMG-5T ivmeölçer ivme-zaman grafikleri

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, ADXL345 sensörü ve microSD kart modülünü Arduino UNO kartına entegre ederek bir ivmeölçer tasarlanmıştır. Proje çıktısı olarak elde edilen yazılım kodlarını ve tasarım aşamalarını içeren kılavuz belge, çalışmanın GitHub sayfasında açık erişim için hazır hale getirilmiştir. İnşaat Mühendisliği lisans eğitimi uygulamasında kullanılmak üzere tasarlanan toplam 15 cihaz oluşturulmuş ve hepsine sarsma masası testleri uygulanarak veri testleri yapılmıştır. Tüm cihazlar, dış etkenlerden korunmak amacıyla 3D yazıcı ile üretilen kutulara yerleştirilmiştir. ACCE_edu cihazlarının geliştirilmesi ve hassasiyetinin artırılması, daha yüksek çözünürlüklü sensörlerle iyileştirmeler yapılarak sürdürülebilir.

https://github.com/SeismoStructure/ACCE_edu

Teşekkür

Bu çalışma Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GTÜ-BAP - ID 2020-A-105-41) kapsamında desteklenmiştir. Projeye katkılarından dolayı lisans öğrencilerimiz Mehmet Buğra İNCE ve Ahmet Burak BİLGİÇ'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. ADXL345, Data sheet, http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL345.pdf (2013) (Son erişim May 2021).
2. Sarao, A., M. Clocchiatti, C. Barnaba and D. Zuliani, Using an Arduino seismograph to raise awareness of earthquake hazard through a multidisciplinary approach, Seismol. Res. Lett. 87, 186-192, doi: 10.1785/0220150091.(2016).
3. Quake-Catcher Network (QCN), The Quake-Catcher Network, <http://qcn.stanford.edu> (2014) (Son erişim May 2021).

