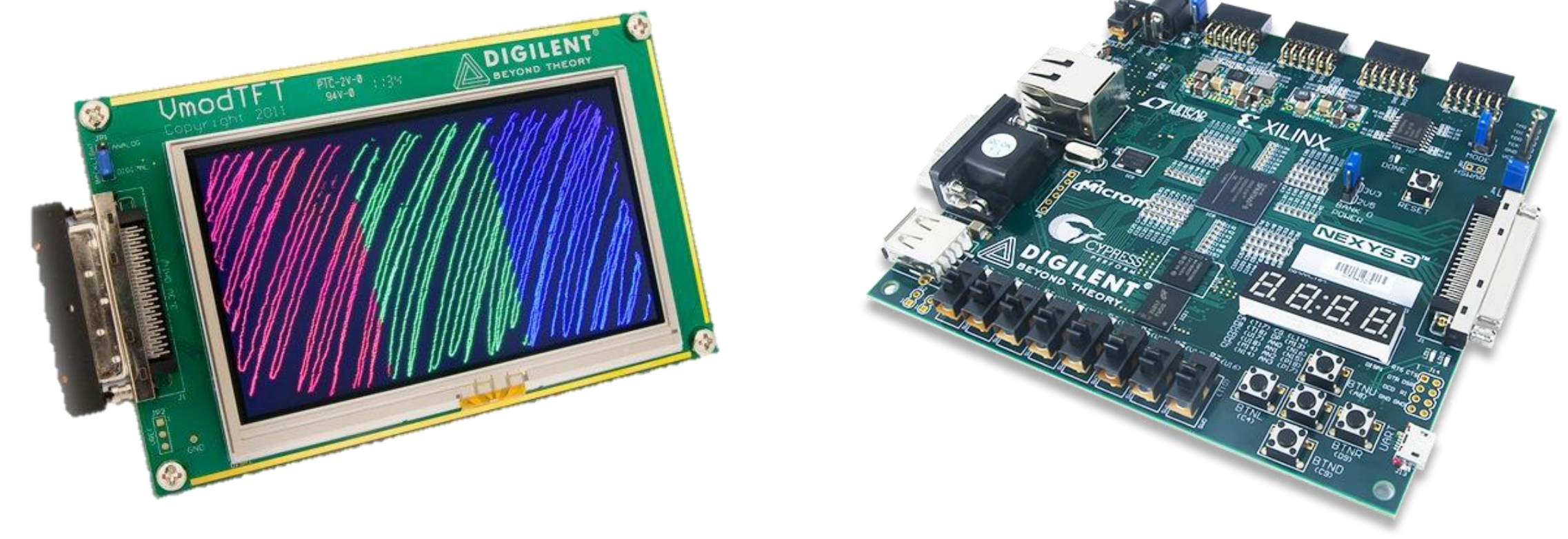


# EL YAZISI RAKAM TANIMA İÇİN HAFİF BİR İLERİ YOL YAPAY SİNİR AĞININ FPGA ÜZERİNDE GERÇEKLENMESİ

Göktuğ Kayacan, Remzi Orak, Tuba Ayhan

## GİRİŞ

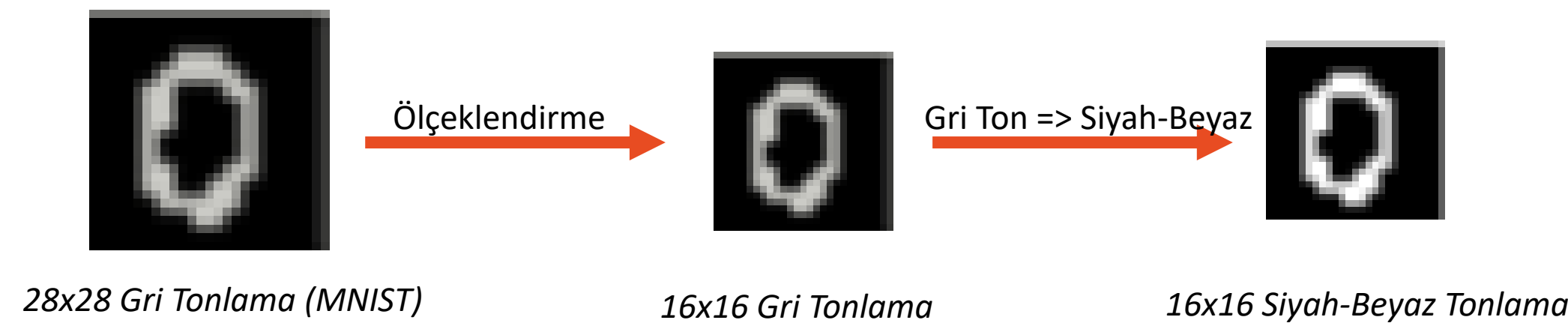
- Yapay sinir ağları bir çok alanda kullanılabilen oldukça güçlü araçlardır.
- Yoğun kaynak kullanımı:
  - Bellek elemanı
  - Aritmetik işlem devreleri
- Amaç:** Bir yapay sinir ağını sınırlı alanlarda, sınırlı kaynakla gerçeklerken sınıflama başarımını kabul edilebilir düzeyde tutmak.
- Platform:** FPGA Spartan 3e NEXYS 3 geliştirme kartı .
- Hedef:** Sınıflama başarımı %80.



## VERİ KÜMESİ

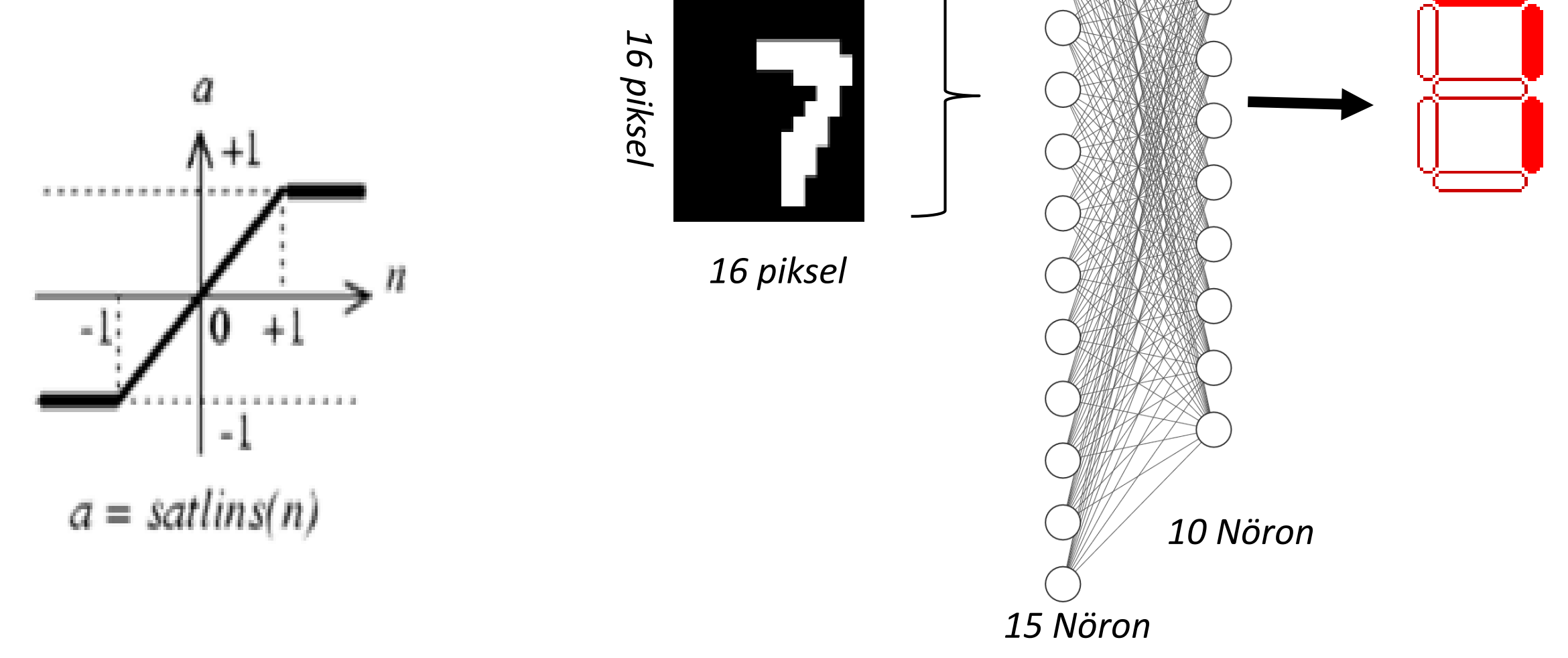
Bu çalışmada MNIST veri tabanı kullanılmıştır. Veri tabanı gri renklerde 28x28 pikselden oluşan resimlerden oluşmaktadır. Bu verinin FPGA üzerinde kolayca işlenebilmesi için bazı özellikleri değiştirilmiştir:

- Resimlerin boyutu 28x28 pikselden 16x16 piksele doğrusal olarak ölçeklendirilmiştir, böylece toplam veri miktarı sınırlandırılmıştır.
- Resimler gri tabanından, siyah beyaza çevrilmiştir bu sayede veri boyutu küçültülmüştür.



## YAPAY SİNİR AĞI MİMARİSİ

**Giriş :** 256 Piksel  
**Saklı Katman :** 15 Nöron  
**Çıkış Katmanı :** 10 Nöron  
**Aktivasyon :** Satlins



## FPGA ÜZERİNDE GERÇEKLEME

### Dokunmatik Ekran.v

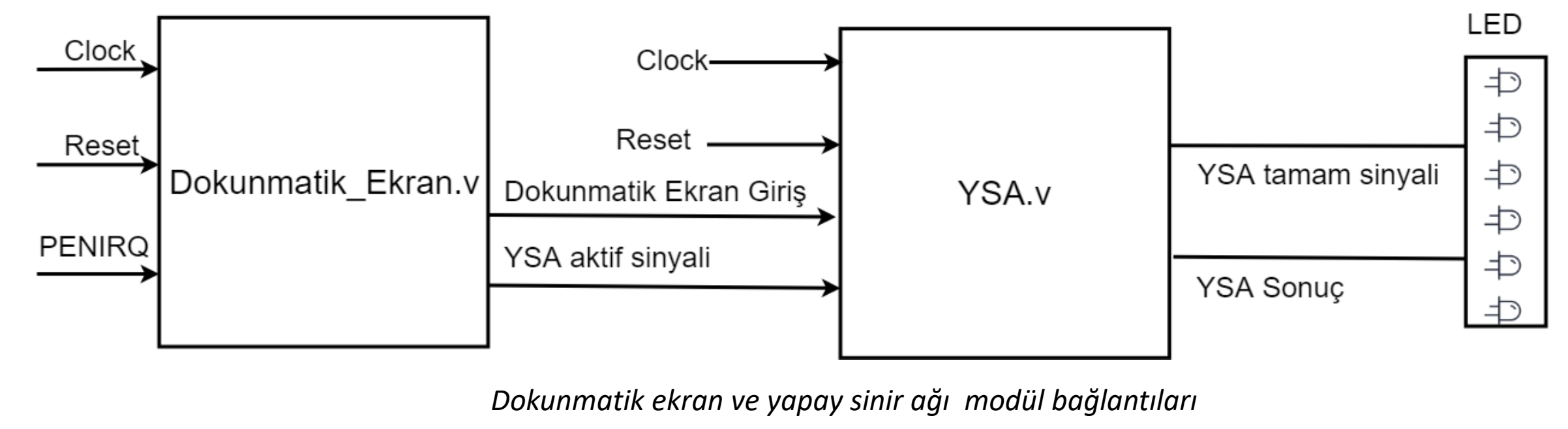
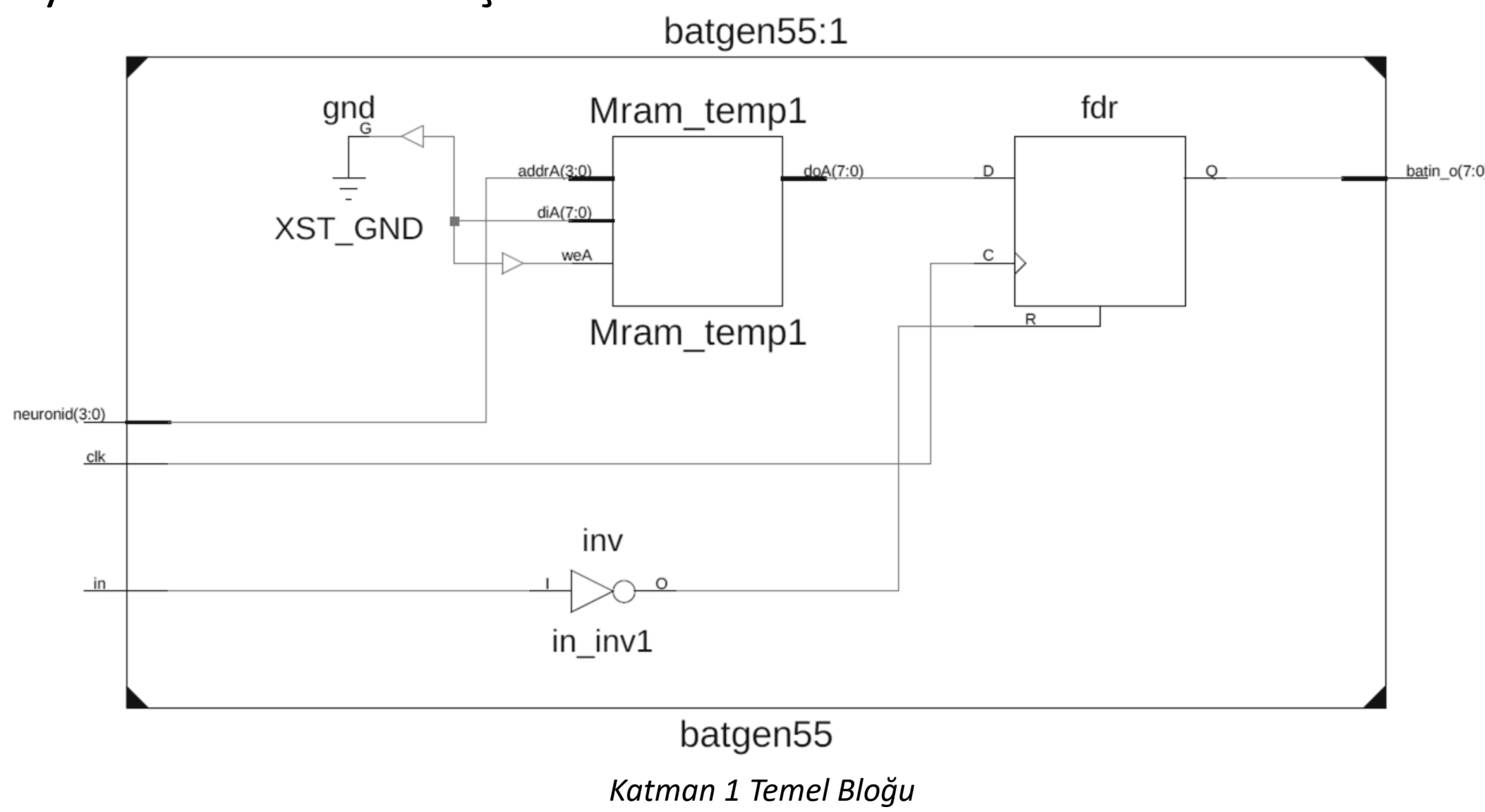
Rezistif ekranda dokunulan noktadan dolayı oluşan gerilim farkından koordinat tespiti, ekranın uygun çözünürlüğe ölçeklenmesi (16x16) ve dokunulan koordinatları bir hafızaya kaydetmek için gerekli alt modülleri içerir.

### Katman 1

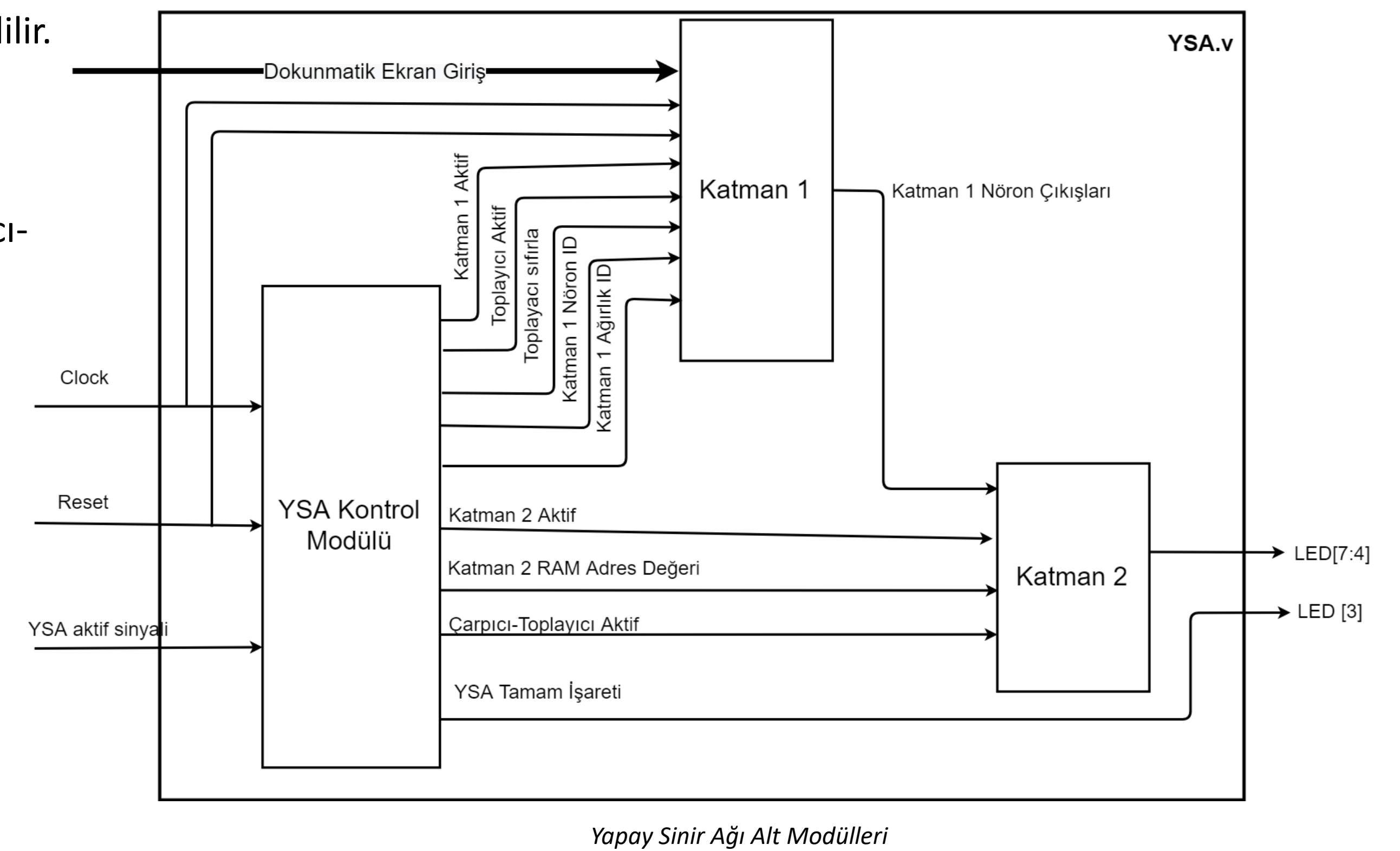
- Akümülatör, Transfer Fonksiyonu ve **Batgen** modüllerini içerir.
- 256 adet Batgen** modülü sayesinde sabitle çarpım işlemi FPGA üzerinde dağılmış bellek elemanları ile yapılır. Sistem girişinin 1-bit olması avantajını kullanan Batgen modülleri çarpma işlemi yapmak yerine gelen girdi ve *nöronID* parametresine bağlı olarak, modül içerisindeki 15 ağırlıktan birini seçer.
- Batgen** modülleri ile tek bir saat çeviriminde bir nöron için gerekli 256 adet çarpım elde edilir. 15 saat çeviriminde bütün nöronlar için gerek çarpım işlemleri elde edilebilmektedir.

### Katman 2

- Çarpıcı-Toplayıcı ve Maksimum bulma modüllerini içerir.
- Katman 2 deki giriş sayısının az olmasından (Katman 1'deki 15 Nöron Çıkışı), 10 Adet Çarpıcı-toplayıcı modül kullanılmıştır.



Dokunmatik ekran ve yapay sinir ağı modül bağlantıları



Yapay Sinir Ağı Alt Modülleri

## SONUÇLAR

- MATLAB ve FPGA üzerindeki denemelerde 16x16 olan veri kümesinde %88.9'luk bir başarı oranı elde edilmiştir.
- Başarı oranının aynı olması, FPGA gerçekleştirilmesinin çalıştığını göstermektedir.

Parça	Kullanım	Yüzde Kullanım
SL Kullanımı, Register olarak	2359/18224	%12
SL Kullanımı, LUT olarak	3904/9112	%42
Block RAM/FIFO kullanımı	1/32	%3
DSP47A1 Kullanımı	10/32	%31

Yapay Sinir Ağı Kaynak Kullanım Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	313	0	0	1	0	0	3	0	11	1
1	1	369	4	1	1	0	0	3	5	1
2	5	0	312	17	6	1	5	7	10	4
3	3	0	10	275	2	3	3	5	17	4
4	1	1	4	0	324	0	1	2	5	21
5	5	1	4	18	8	215	77	5	23	3
6	4	2	1	0	3	3	270	0	4	0
7	6	3	2	0	6	0	1	296	3	20
8	2	4	4	7	6	2	3	4	288	5
9	2	2	1	4	6	0	1	9	6	302

Test Karşılıklı matrisi (%88.92)

## ÇIKARIMLAR

- Sınırlı koşullar altında klasik bir sınıflandırma problemine bir çözüm gerçekleştirilmiştir.
- Sınırlı koşullardan dolayı olağan dışı matematiksel ve tasarımsal optimizasyon tekniklerinin kullanılması gerekmiştir.
- Sistemin FPGA üzerindeki gerçekleştirilmesi başarılı olmuştur ve farklı veri kümeleri kullanılarak başka problemlerin bu yöntemle ele alınabileceği gösterilmiştir.
- Kullanılan dokunmatik ekran kullanılarak veri toplanıp eğitim tekrarlanırsa, fiziksel gerçekleştirilmede ulaşılan başarımlar artacaktır.

## İletişim :

Göktuğ Kayacan : [kayacang@mef.edu.tr](mailto:kayacang@mef.edu.tr)

Remzi Orak : [orakr@mef.edu.tr](mailto:orakr@mef.edu.tr)

Tuba Ayhan : [ayhant@mef.edu.tr](mailto:ayhant@mef.edu.tr)