



**SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**  
**GÖMÜLÜ SİSTEMLER DERSİ**  
**LABORATUVAR FÖYÜ**



**Bölüm 1**

**GPIO**

**(General Purpose Input/Output)**

**Dersin Hocası:** Doç. Dr. Ahmet Gürkan YÜKSEK

**Dersin Asistanı:** Arş. Gör. Ahmet Utku ELİK

**İçindekiler**

1. GPIO NEDİR
2. MİKRODENETLEYİCİLERDE GPIO
3. STM32 - GPIO
4. ARM APP DENEY KİTİ – GPIO
5. PRATİK UYGULAMA
6. LABORATUVAR DENEY UYGULAMASI

**Öğrencinin;**

Grup No :

Ad Soyad :

Okul No :

Teslim Tarihi :

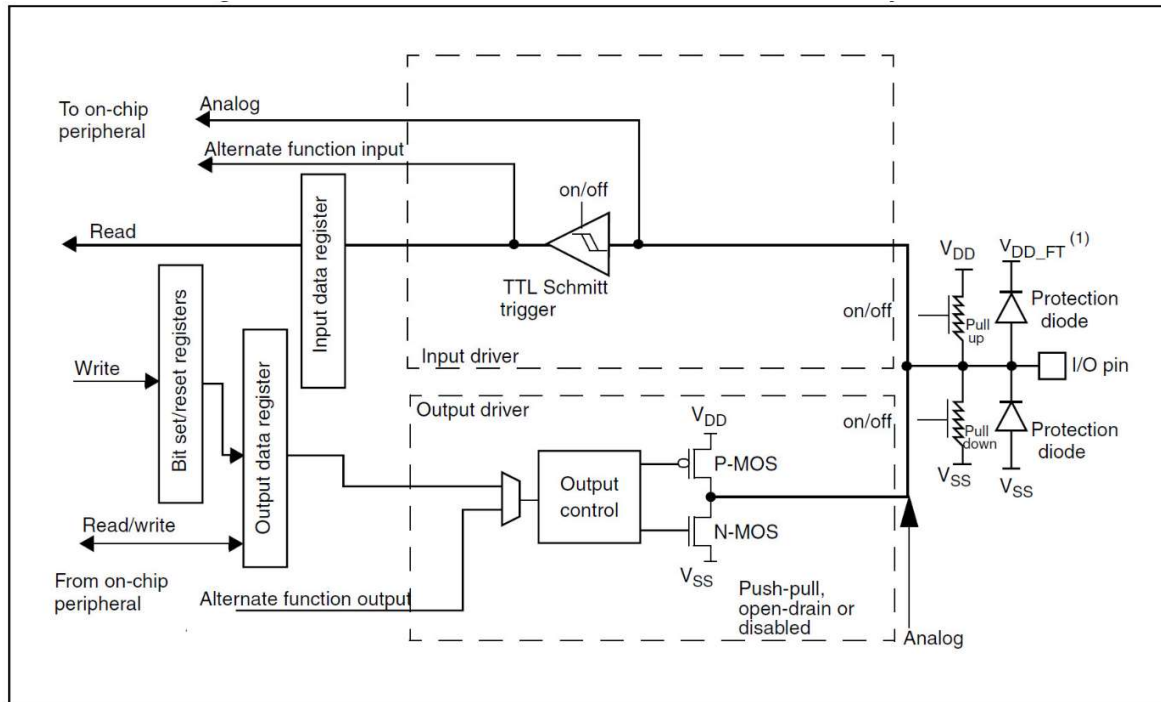
## 1. GPIO NEDİR

Genel Amamçlı Giriş Çıkış (General Purpose Input Output, GPIO), bir pini giriş, çıkış ve alternatif modlarda kullanabilmemizi sağlayan bir dahili çevre birimidir. GPIO portları mikro denetleyicilerin çevresel cihazlarla iletişim kurarken en çok kullandıkları yoldur. Bir GPIO portu aynı anda hem giriş hem de çıkış hattı olarak kullanılabilir.

Örneğin bir LED diyotu kontrol etmek amacıyla çıkış hattı kullanılırken, bir buton veya anahtara basılıp basılmadığını belirlemek için giriş hattı kullanılır. GPIO portlarında lojik-0 olarak adlandırılan LOW durumu 0V, lojik-1 olarak adlandırılan HIGH durumu ise (3.3/5V) gerilim değerini belirtmektedir.

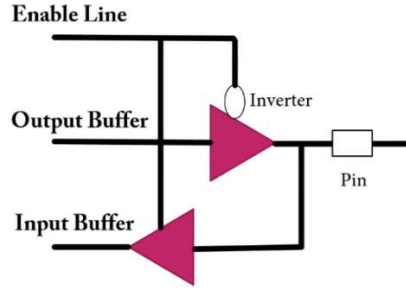
## 2. MİKRODENETLEYİCİLERDE GPIO

Mikrodenetleyici yapısı içerisinde GPIO çevre biriminin blok diyagramı aşağıdaki gibidir.



### Şekil 1. GPIO Temel Yapısı (Basic Structure)

Kullanılmak istenen GPIO pinin kodlama aşamasında giriş/çıkış olarak ayarlanma durumuna göre ilgili pinin Giriş veya Çıkış Sürücüsü aktif olmaktadır. Aşağıdaki şekilde “Enable Line” hattı üzerinden gelen sinyale göre Output veya Input Buffer aktif veya deaktif olmaktadır. Bu sayede pinin giriş veya çıkış olarak kullanılması sağlanmaktadır.



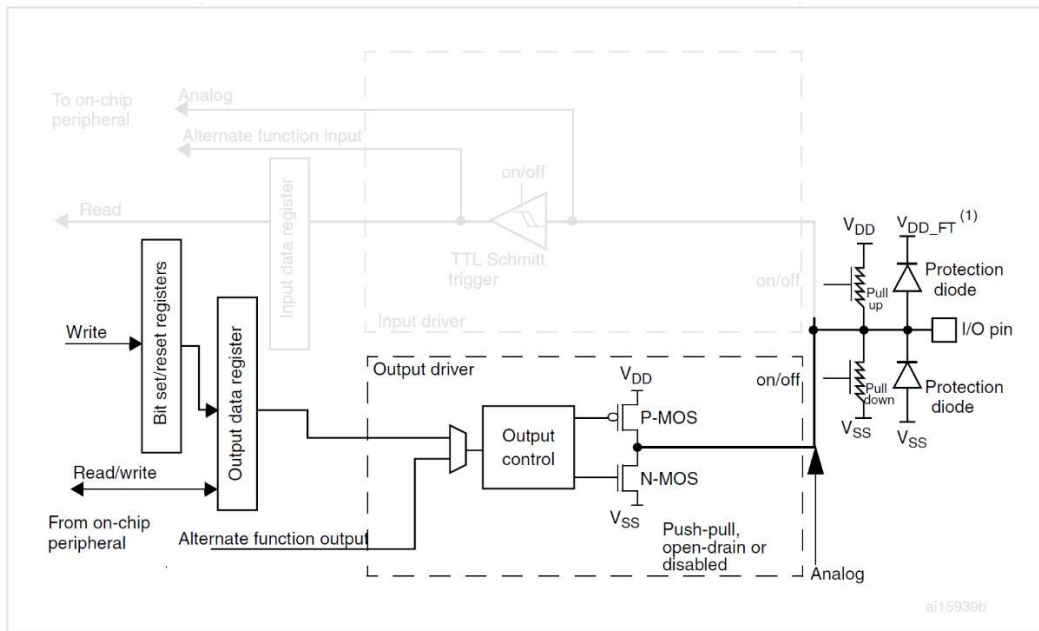
Şekil 2. Giriş/Çıkış Kontrol Yapısı

Örneğin “Enable Line”;

- Lojik-0 olursa Output Buffer aktif, Input Buffer deaktif olup pin modu çıkış,
- Lojik-1 olursa Input Buffer aktif, Output Buffer deaktif olup pin modu giriş olarak ayarlanacaktır.

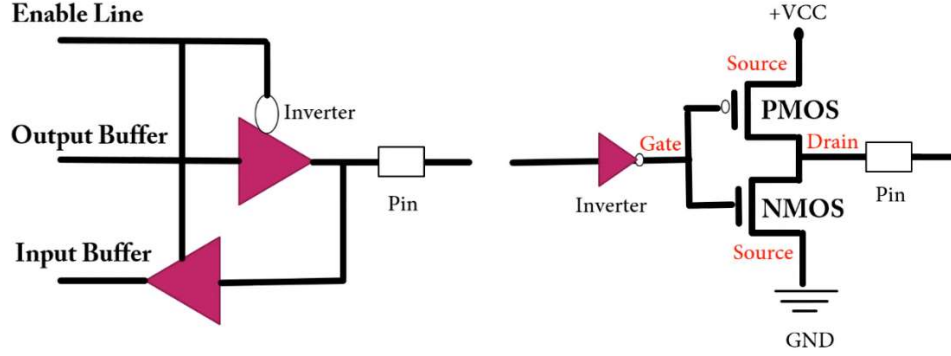
## 2.1. GPIO Çıkış Modu (Output Mode)

Şekil-1’de gösterildiği üzere GPIO çıkış yapısını kontrol eden bir çıkış sürücüsü (output driver) katmanı bulunmaktadır. Çıkış sürücüsü 2 adet CMOS transistörden oluşmaktadır. Push-Pull ve Open Drain olmak üzere 2 farklı çıkış türü bulunmaktadır.



Şekil 3. GPIO Çıkış Sürücü Yapısı (Output Driver Structure)

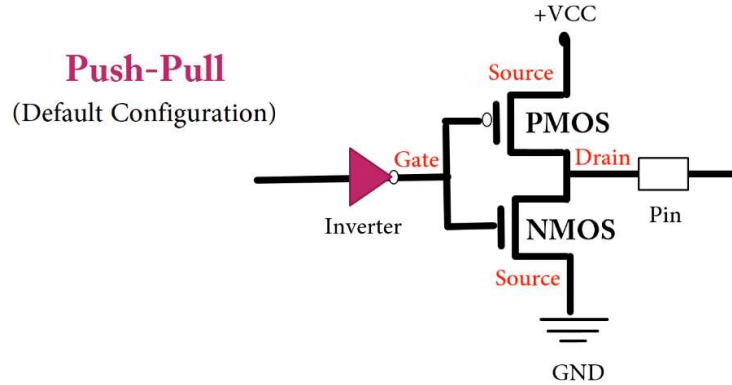
GPIO sürücü yapısı içerisinde ilgili pin çıkış olarak yapılandırıldığı zaman Şekil-3'te verilen çıkış sürücü yapısı aktif olmaktadır. Böylelikle pin üzerinden dijital (0/5V) çıkış ve alternate function (UART, PWM, I2C) olarak tanımlanan özel pin yapısı kullanılabilir.



Şekil 4. Çıkış Sürücüsü (Output Driver)

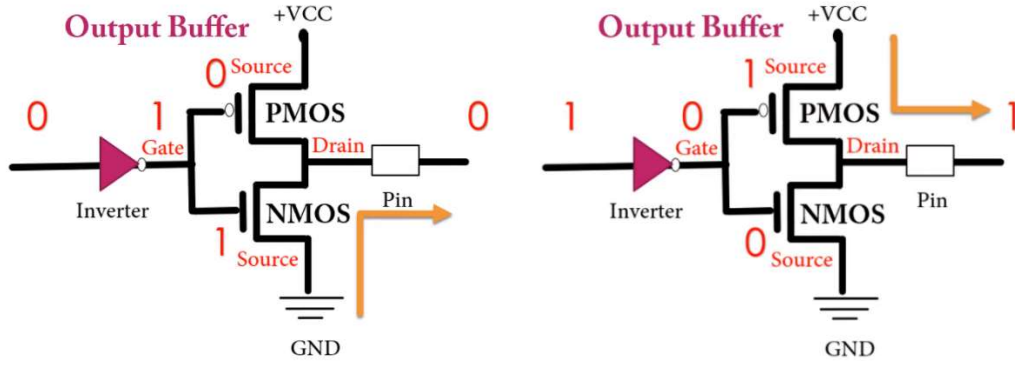
### 2.1.1. Push-Pull

Pin bacağı P-Mos mosfeti ile VDD pinine bağlanır. Akım gerektirmeyen işlemlerde, çıkışı lojik-1 yapmak için bu mod kullanılır. Bir pin çıkış olarak ayarlandığı zaman varsayılan olarak Push-Pull modda çalışır.



Şekil 5. Push-Pull Bağlantı

Çıkış sürücüsüne lojik-0 sinyali gönderildiği zaman NMOS transistörü aktif, PMOS transistörü ise pasif olacaktır böylelikle pin doğrudan GND'ye çekilecek ve 0V gerilim değerine sahip olacaktır. Lojik-1 sinyali gönderildiği zaman ise PMOS transistörü aktif, NMOS transistörü pasif olacaktır böylelikle pin VCC'ye çekilecek ve 5V gerilim değerine sahip olacaktır.

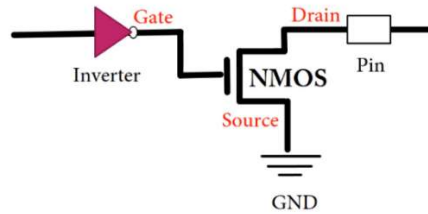


Şekil 6. Push-Pull Çıkış Sürücü Durumları

### 2.1.2. Open Drain

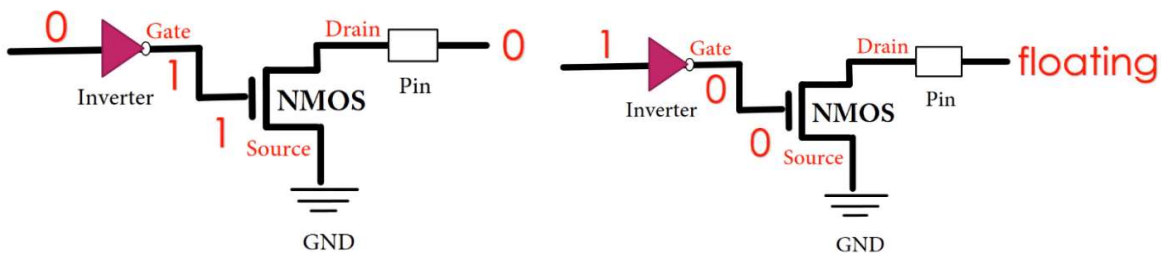
Pinin çıkış bacağı, P-Mos ile N-Mos mosfetleri arasında bulunmaktadır. Eğer çıkışı open-drain ayarlarsanız, pin bacağı GND'ye bağlanır. VDD ile arasında sonsuz empedans oluşur. Bu durumda pini high olarak çıkış vermek için dışarıdan pull-up dirençleri eklemeniz gerekmektedir. Bu özellikle, çıkışa bağlanacak olan devre elemanının daha fazla akım çekmesi sağlanabilmektedir. Röle gibi akım gerektiren devre elemanlarını sürmek için kullanılır. Akım mikroişlemciden değil, pull-up direnci üzerinden çekilir. Bu çıkış modu genellikle dahili/harici pull-up direnç bağlantısı ile kullanılmaktadır.

#### Open Drain



Şekil 7. Open Drain Bağlantı

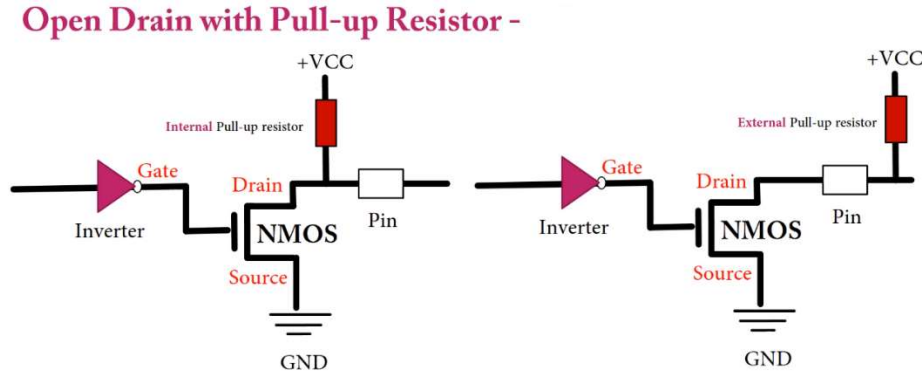
Open Drain bağlantısına sahip çıkış sürücüsüne lojik-0 sinyali geldiği zaman NMOS transistörü tetiklenecek ve pin GND'ye çekilecektir. Lojik-1 sinyali geldiği zamanda ise NMOS transistörü tetiklenmeyecek ve pin üzerinde floating denilen belirsiz/salınan bir moda geçecektir.



Şekil 8. Open Drain Çıkış Sürücü Durumları

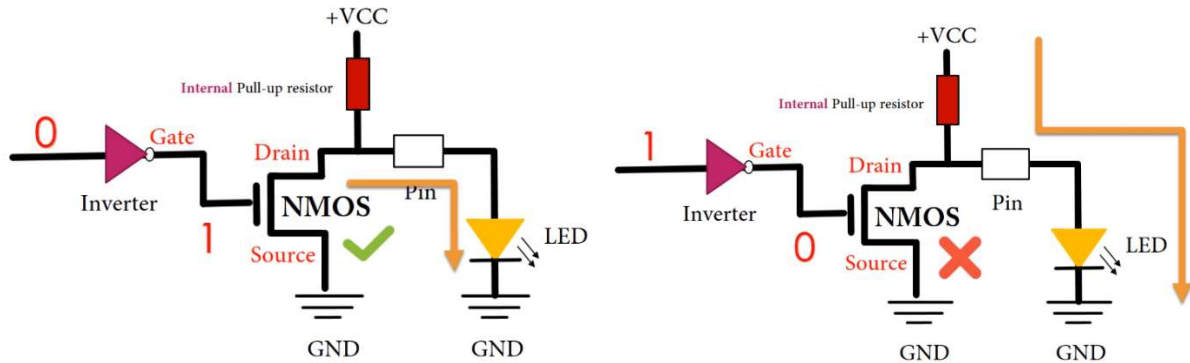
### 2.1.2.1. Pull-Up Direnç Bağlantısı ile Open Drain Çıkış Modu

Push-Pull çıkış modunun akım gerektirmeyen sadece düşük akımlı lojik-0/1 sinyallerini üretmek için kullanıldığına deyinmiştik. Yüksek akıma ihtiyaç duyulan GPIO çıkış devrelerinde ise Pull-Up direncini kullanarak harici bir besleme kaynağının tetiklenmesi Open Drain çıkış modu ile sağlanabilmektedir.



**Şekil 9.** Open Drain Pull-Up Direnç Bağlantısı

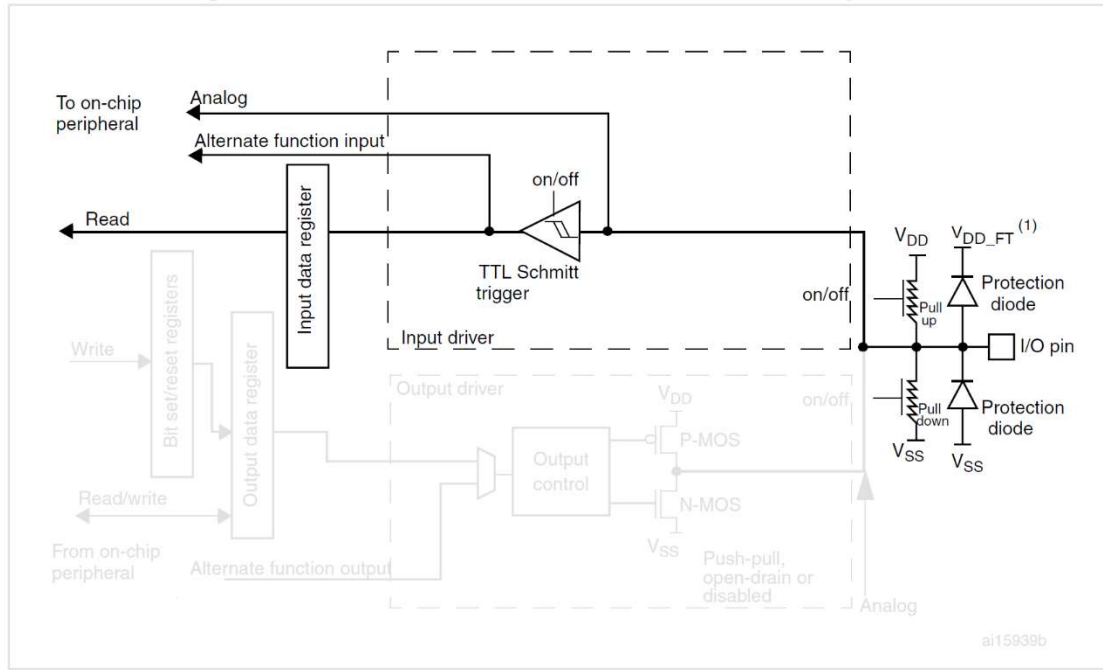
Pull-Up direnç bağlı Open Drain GPIO çıkış moduna sahip pin ile bir ledi sürmek istersek; Ledi yakmak için GPIO pini lojik-1 seviyesine çekiyoruz böylelikle NMOS transistörü pasif kalıp Vcc'ye bağlı bulunan pull-up direnci üzerinden ledi tetikliyoruz. Ledi söndürmek istediğimiz durumda ise GPIO pini lojik-0 seviyesine çekerek NMOS transistörü tetikliyoruz böylelikle ledin besleme bacağı GND ile kısa devre olup söner.



**Şekil 10.** Open Drain Pull-Up Direnç Led Bağlantısı

## 2.2. GPIO Giriş Modu (Input Mode)

GPIO bir giriş olarak yapılandırıldığında, “gelen” bir sinyalin durumunu pin üzerinden okumak mümkündür. Bu sinyal, dijital bir durum olarak (HIGH / LOW) veya bir analog sinyal olabilir.



**Şekil 11. GPIO Giriş Sürücü Yapısı (Input Driver Structure)**

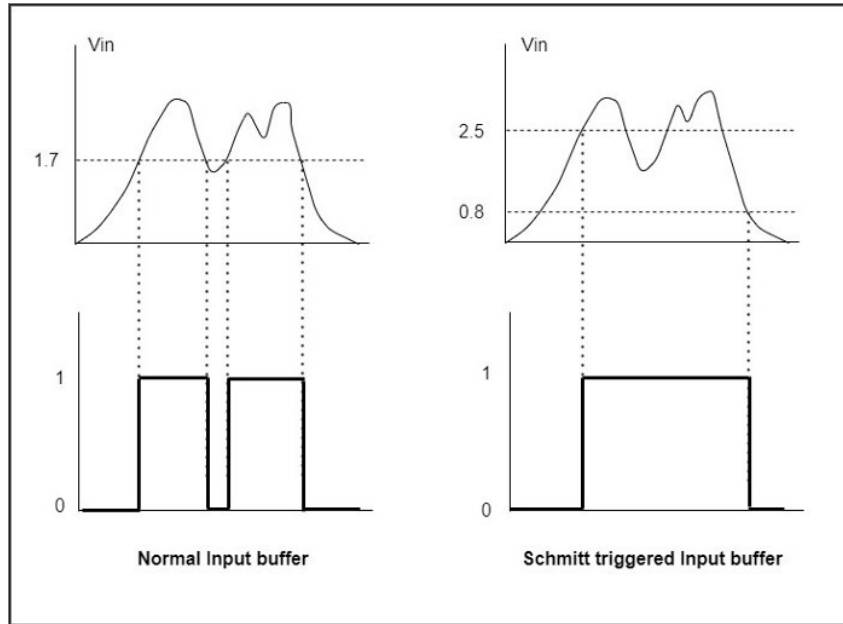
GPIO sürücü yapısı içerisinde ilgili pin giriş olarak yapılandırıldığı zaman Şekil-11’de verilen giriş sürücü yapısı aktif olmaktadır. Böylelikle pin üzerinden dijital ve analog sinyaller okunabilir.

GPIO Giriş modunda çalışırken normal giriş bufferından farklı olarak TTL yapısı üzerinden çalışır . Çalışma mantığını inceleyecek olursak. Pin üzerine çevreden lojik1 seviyesinde bir sinyal gelirse TTL iletme geçecektir . Aksi durumlarda iletim yapmayacaktır. Bu şekilde dışarıdan istediğimiz seviyede bir sinyal gelene kadar algılama olmayacaktır. Uygulama devresine göre pull-up veya pull-down direnç bağlantısı ile kullanılmalıdır.

### Schmitt Trigger

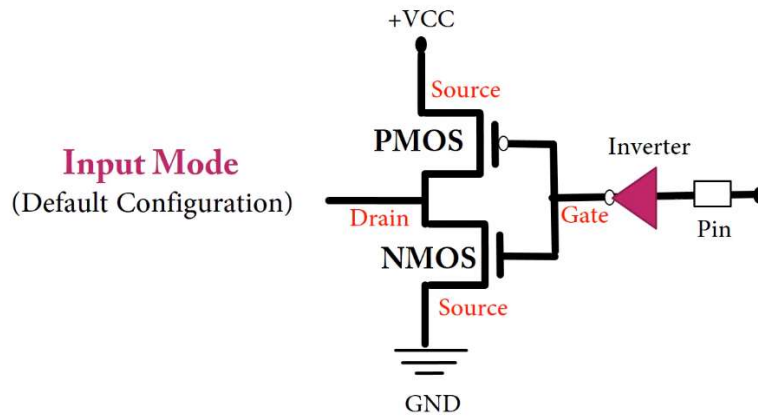
Schmitt tetikleticisi, yalnızca giriş voltajı bir üst eşiği (threshold) geçtiğinde açık duruma gelen bir voltaj karşılaştırıcısıdır. Bir kez tetiklendikten sonra giriş voltajı eşik değerinin altına düşene kadar lojik seviyesini korumaktadır. Schmitt tetikleyicisinin bu özelliğine histeresiz (hysteresis) denmektedir.

Aşağıda normal giriş tampon belleği ile Schmitt tetikleyicisine uygulanan gürültülü bir sinyalin çıkış grafikleri gösterilmektedir. Vin giriş gerlimi gürültülerden dolayı 1.7V’un altına düştüğü zamanda normal giriş tampon belleği lojik-0 çıkışını üretirken, gürültülere karşı dayanklı olan Schmitt tetikleyicisi ikili eşik değer yapısı ile gürültüleri bastırıp sabit lojik-1 değerini üretmektedir. GPIO dijital giriş pinleri Schmitt tetikleyici yapısı ile gürültüyü bastırmakta ve sabir bir çıkış vermektedir.



**Şekil 12.** Gürültülü  $V_{in}$  Sinyalinin GPIO Giriş Portuna Uygulanması

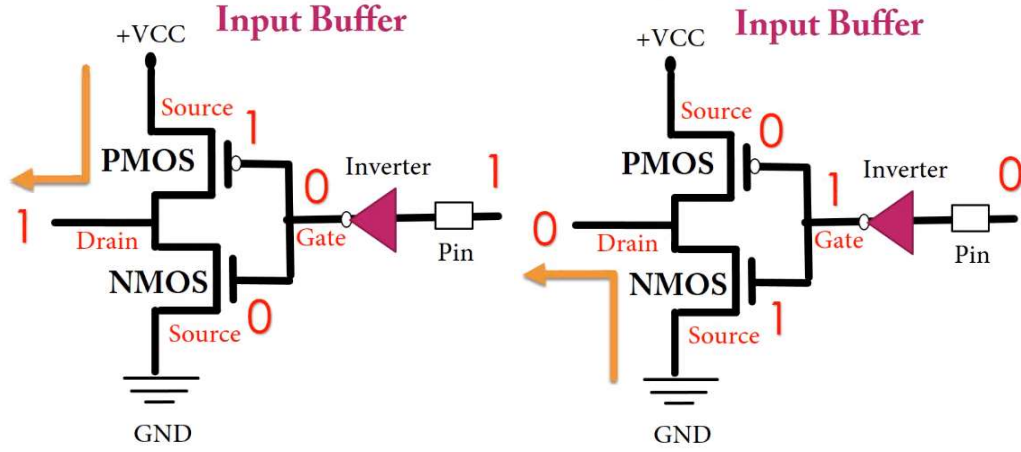
Analog bir sinyal algılamak istediğimiz durumlarda, TTL Schmitt tetikleyici kapalı duruma gelecek ve analog sinyal doğrudan Analog Dijital Dönüştürücü (Analog Digital Converter, ADC) birimine iletilecektir.



**Şekil 13.** GPIO Giriş Sürücüsü (Input Driver)

GPIO dijital giriş olarak yapılandırılan pine lojik-0 veya lojik-1 dijital sinyalleri gelmesi durumunda Şekil-14'te verilen şekilde mosfet transistörleri tetiklenecek ve Schmitt tetikleyicisi üzerinden geçen sinyal mikroişlemcinin ilgili yazmacına kaydedilecektir.





Şekil 14. Giriş Sürücü Durumları

### 2.2.1. Giriş Modları

GPIO giriş modları genellikle, yüksek empedans (high impedance, high-z), pull-up, pull-down ve tekrarlayıcı (repeater) olarak tasarlanır. Yine bazı mikrodnetleyiciler I/O arayüzlerinde histerizis (hysteresis) özelliği de barındırır ve bu sayede suni (bouncing gibi) durum değişiklikleri önlenir.

### Hysteresis

Bir pinin lojik sıfırda mı lojik birde mi olduğuna karar verebilmek için genelde bir eşik değeri kullanılır. Ancak bu eşik değeri bir aralık ifade etmediğinden eşik değerinin çok az üstü de lojik bir olur, epey üstü de lojik bir olur. Benzer şekilde eşik değerinin çok az altı da lojik sıfır olur, epey altı da lojik sıfır olur. Gerçek hayatta bu durum bouncing (sekme, salınma) problemini doğurur. Siz lojik birdeki bir pini lojik sıfıra çekerken pin eşik değerinin etrafında kararsız bir duruma girer ve ardışıl olarak 1,0,1,0,1,0 durumları görülür. Bunu önlemek için güvenli bir aralık belirlenmiştir.

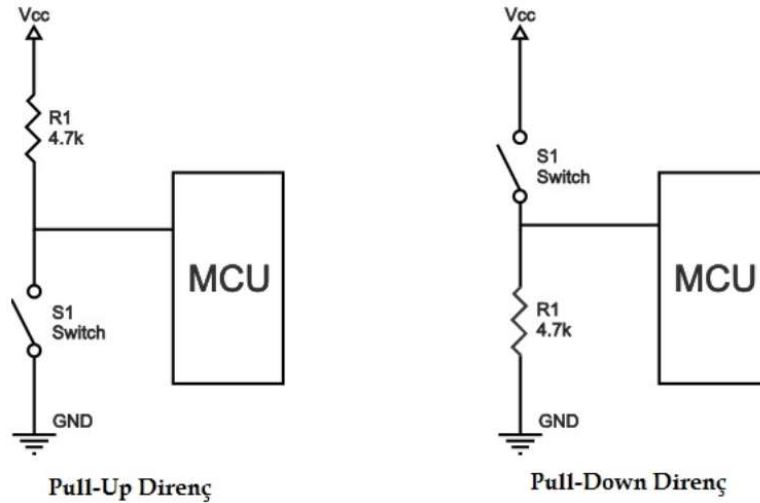
#### 2.2.1.1. Pull Down/Up

GPIO input pull down/up giriş modu, aslında bir direnç bağlantı yapısıdır. Mikrodnetleyiciler ile dijital sinyal okuma işlemi gerçekleştirilirken kullanılan GPIO giriş modudur. Bu yapının kullanılma sebebi ise dijital giriş pininin boşta kalma durumunda (floating state) elektromanyetik dalgalar veya farklı gürültüler sebebi ile GPIO giriş pini üzerine sinyal uygulanmamasına rağmen lojik-0 veya lojik-1 sinyal seviyelerinin ölçülmesine sebep olmaktadır. GPIO giriş pinini bu durumlardan korumak ve stabil çalışmasını sağlamak için pull down/up yapıları kullanılmaktadır.

**Pull Down:** Giriş olarak ayarlanan pinden herhangi bir sinyal gelmediğinde, girişi Low seviyesinde tutar.

**Pull Up:** Giriş olarak ayarlanan pinden herhangi bir sinyal gelmediğinde, girişi High seviyesinde tutar.

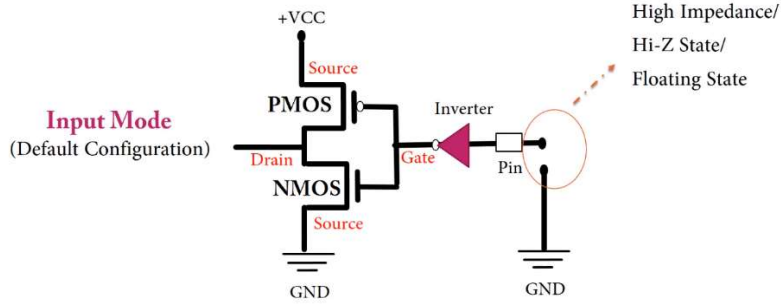
Bazı mikrodnetleyicilerde spesifik pinlerin durumu dinamik olarak pull-up ya da pull-down olarak değiştirilebilmektedir ve bunun için **repeater** mod kullanılır. Bu modu desteklemeyen mikrodnetleyicilerde ise pull down/up modu harici direnç bağlantısı ile sağlanmaktadır. Kullanılacak bu dirençlerin değerleri mikrodnetleyicinin iç direnç değerinden büyük olması gerekmektedir. Genellikle  $4.7k\Omega$  veya  $10k\Omega$  direnç değerleri kullanılmaktadır. Şekil-15'te ise bu bağlantı şeması verilmektedir.



**Şekil 15.** Harici Pull Up/Down Direnç Bağlantıları

Bu yapıyı inceleyecek olursak;

1. **Pull-Up Direnç:** Bu yapıda mikrodnetleyicinin girişi üzerinde sürekli olarak lojik-1 (Vcc) sinyal seviyesi okunmaktadır. Butona basıldığı zamanda ise pin GND ile kısa devre olacak ve pin üzerinden lojik-0 (GND) sinyal seviyesi okunacaktır.
2. **Pull-Down Direnç:** Bu yapıda mikrodnetleyicinin girişi üzerinde sürekli olarak lojik-0 (GND) sinyal seviyesi okunmaktadır. Butona basıldığı zamanda ise pin üzerinden lojik-1 (Vcc) sinyal seviyesi okunacaktır.



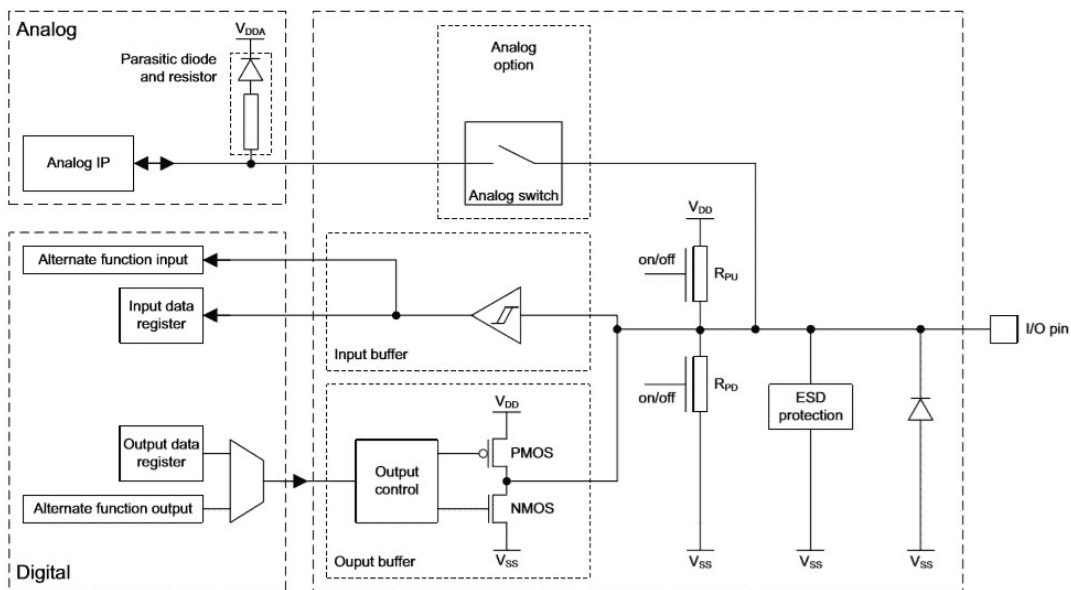
Şekil 16. GPIO Giriş Pinin Boşta Kalma Durumu (Floating State)

GPIO giriş olarak yapılandırılan bir pinin ne Vcc'ye ne de GND bağlı olmaması durumunda pinin boşta kalacağından ve bu durumun **floating** olarak ifade edildiğinden bahsetmiştik. Bu durum elektromanyetik dalgalardan kaynaklanan gürültüler sebebiyle pini yanıltmasının yanında hem yüksek güç tüketimine sebep olmaktadır hem de mikrodeneleyicinin resetlenmesine yol açmaktadır. Bu tarz hatalardan mikrodeneleyici korumak için pull-up/down modunun kullanılması gerektiğinden bahsetmiştik. Mikrodeneleyicinin dahili (internal) pull-up/down yapısını desteklemediği ve harici (external) pull-up/down dinreç bağlantısı yapılmadan bir pini giriş olarak yapılandırıldığı zaman pin boşta kalmaktadır dolayısıyla Floating / High Impedance / High Z State olarak ifade edilen durumlar ortaya çıkmaktadır.

**High Impedance:** Bir giriş pini yüksek empedans(high impedance, high-z) durumunda olduğunda pinin durumu, o pin lojik sıfıra ya da lojik bire bağlanana kadar bilinemez.

**Floating:** Yüksek empedans yapısındaki bir pin, lojik sıfıra ya da lojik bire bağlanmadıysa, pin floating (belirsiz, salınan) moddadır denir.

Son olarak aşağıdaki şekilde mikrodeneleyicilerdeki genel GPIO yapısı verilmektedir.



Şekil 17. Genel GPIO Yapısı

### **3. STM32 – GPIO**



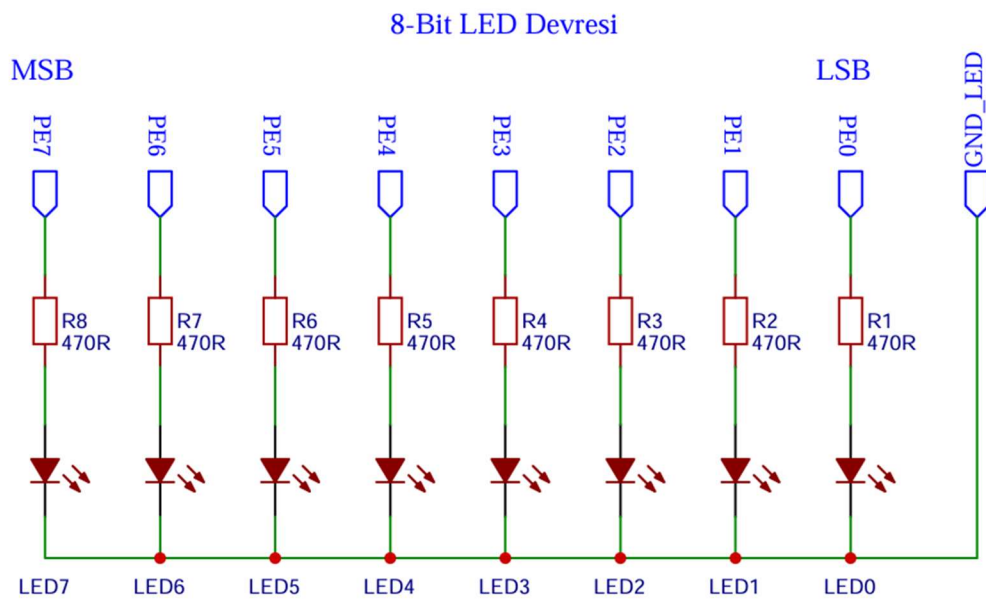
Dijital sinyaller sadece lojik-0 ve lojik-1 ile ifade edilen sinyalin var/yok bilgisini içermektedir. ARM APP Deney Kiti içerisinde bulunan STM32F407VGT6 mikrodeneleyicisi için sinyalin var olma yani lojik-1 gerilim seviyesi 3.3V, sinyalin olmama yani lojik-0 gerilim seviyesi ise 0V'a karşılık gelmektedir. Dijital sinyal kullanılarak ON/OFF, SET/RESET gibi sadece 2 durum ifade edilebilir. Örneğin mikrodeneleyici üzerindeki bir pini, GPIO\_OUTPUT olarak yapılandırarak bu pine bağlı bulunan bir LED'i yakıp söndürebilir veya GPIO\_INPUT olarak yapılandırıp ilgili pine buton bağlayarak butona basma bilgisini elde edebiliriz.

## 5. PRATİK UYGULAMA

Laboratuvar uygulamasına başlamadan önce GPIO çevre birimi ile ilgili birkaç pratik uygulama yapalım. Öncelikle bir Gömülü Sistem uygulamasına başlamadan önce yapılması gereken mikrodeneleyici ile uygulamada kullanılacak olan bileşenin donanımsal bağlantılarının yapılması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Ders kapsamında kullanılan deney kitinde mikrodeneleyici ve bileşenler PCB kart üzerinde donanımsal olarak bağlı bulunduğu için kullanıcıyı kablolama ve bağlantı işlemlerinden soyutlayarak doğrudan Gömülü Sistem Yazılımı geliştirmesine imkan tanımaktadır.

Gömülü Yazılım geliştirmeye başlarken uygulamada kullanılacak olan bileşenlerin mikrodeneleyiciye bağlı bulunduğu pinlerin yapılandırılması gerekmektedir. Yapılandırma işlemi laboratuvar uygulamalarında kod geliştirme için kullanılacak olan STM32CubeIDE içerisinde yer alan CubeMX modülü ile yapılmaktadır. Örneğin ARM APP Deney Kitinde bulunan 8-Bit LED Devresi üzerinde Kara Şimşek uygulamasını geliştirelim.

STM32CubeIDE'de proje oluşturduktan sonra gelen CubeMX modülü ile pin yapılandırmalarını gerçekleştirebilmek için 8-Bit LED Devresinin mikrodeneleyicideki bağlı bulunduğu pinlerin Port ve Numaralarını ARM APP Deney Kiti Şematik Tasarım dosyasına bakarak belirlenmelidir. Şekil 19'da ilgili devre şeması gösterilmiştir.



**Şekil 19.** ARM APP Deney Kiti 8-Bit LED Devre Şeması

Verilen devre şemasına göre GPIOE portunun 0-7 aralığındaki pinlerin CubeMX modülü üzerinden GPIO\_OUTPUT olarak yapılandırılması gerekmektedir. GPIO parametreleri ise aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

- **GPIO Output Level** : LOW
- **GPIO Mode** : Output Push Pull
- **Pull Up – Pull Down** : No Pull Up and No Pull Down
- **Maximum Output Speed** : LOW

CubeMX üzerinde pin yapılandırması bittikten sonra “Generate Code” ikonuna tıklayarak kod geliştirme arayüzünü açıp aşağıda verilen kodu yazıp “Debug/Run” ikonuna tıklayıp yazılımı geliştirme kartına yüklüyoruz.

```
#include "main.h"

void SystemClock_Config(void);
static void MX_GPIO_Init(void);

uint16_t LED_PINS[] = {GPIO_PIN_0, GPIO_PIN_1, GPIO_PIN_2, GPIO_PIN_3, GPIO_PIN_4,
GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_7};

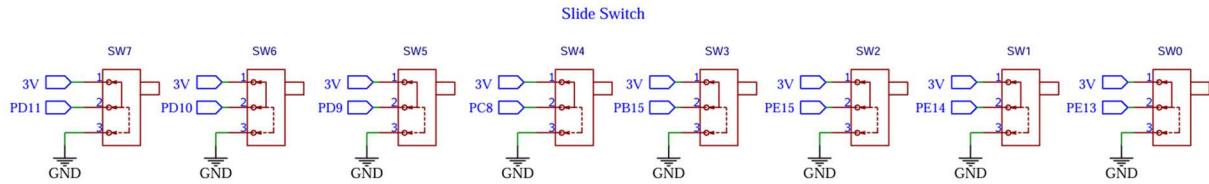
int main(void){
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();

    while (1){
        for(int i = 0; i <= 7; i++){ //Sağdan Sola
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, LED_PINS[i], GPIO_PIN_SET);
            HAL_Delay(500);
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, LED_PINS[i], GPIO_PIN_RESET);
        }

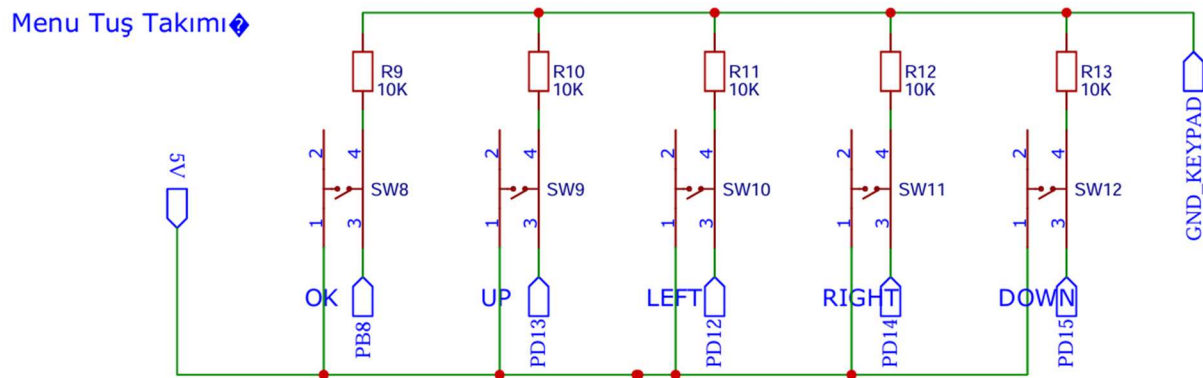
        for(int i = 7; i >= 0; i--){ //Soldan Sağa
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, LED_PINS[i], GPIO_PIN_SET);
            HAL_Delay(500);
            HAL_GPIO_WritePin(GPIOE, LED_PINS[i], GPIO_PIN_RESET);
        }
    }
}
```



GPIO çevre birimi üzerinden dijital giriş uygulaması geliştirmek için ARM App Deney Kiti üzerinde yer alan Şekil 20/21’de verilen Slide Switch ve Menü Buton Takımı devre şemaları kullanılarak uygulama geliştirilebilir.



**Şekil 20.** ARM APP Deney Kiti Slide Switch Devre Şeması



**Şekil 21.** ARM APP Deney Kiti Menü Buton Takımı Devre Şeması



## **6. LABORATUVAR DENEY UYGULAMASI**