

BTK
AKADEMİ

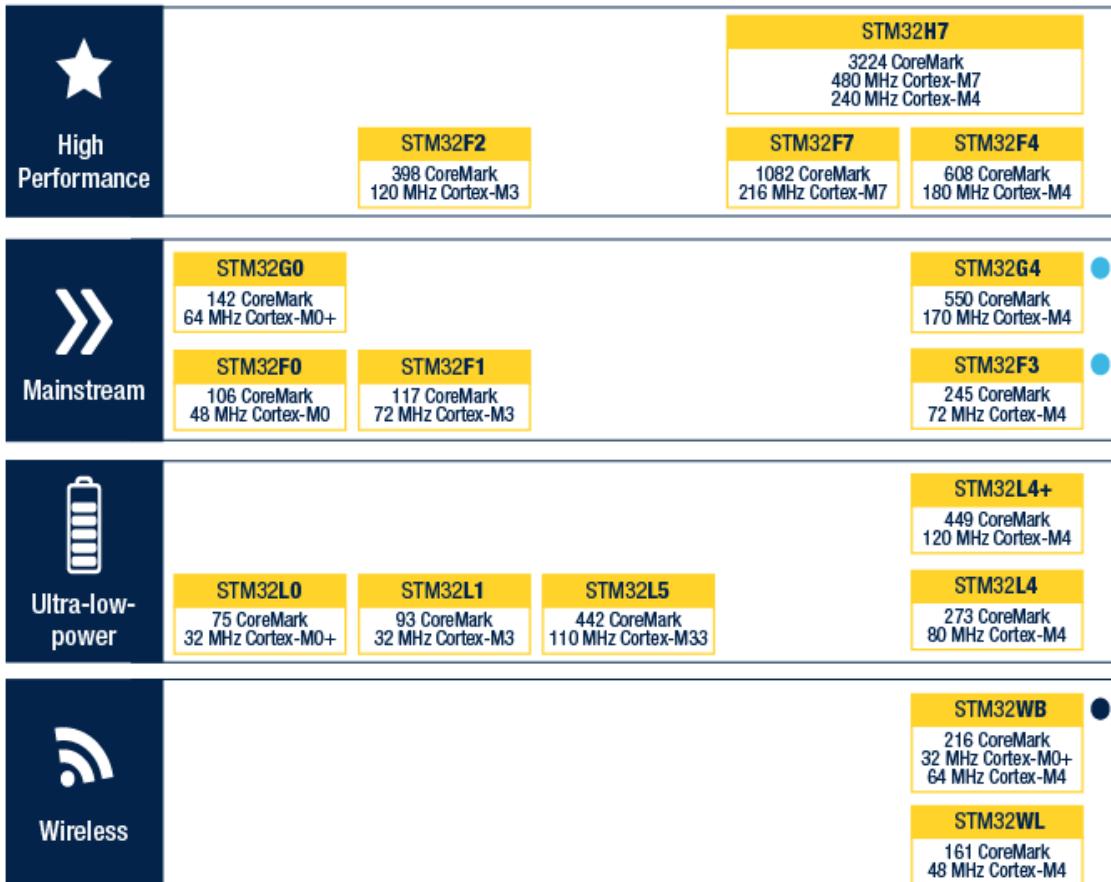
STM32 Ailesi ve STM32F4 Discovery Kartı ile Tanışma

STM32 Ailesi

- STMicroelectronics / ST
- ARM
→ STM32
- STM32 Ailesi Mikrodenetleyicilerinde;
→ Cortex-M0
→ Cortex-M0+
→ Cortex-M3
→ Cortex-M4
→ Cortex-M7

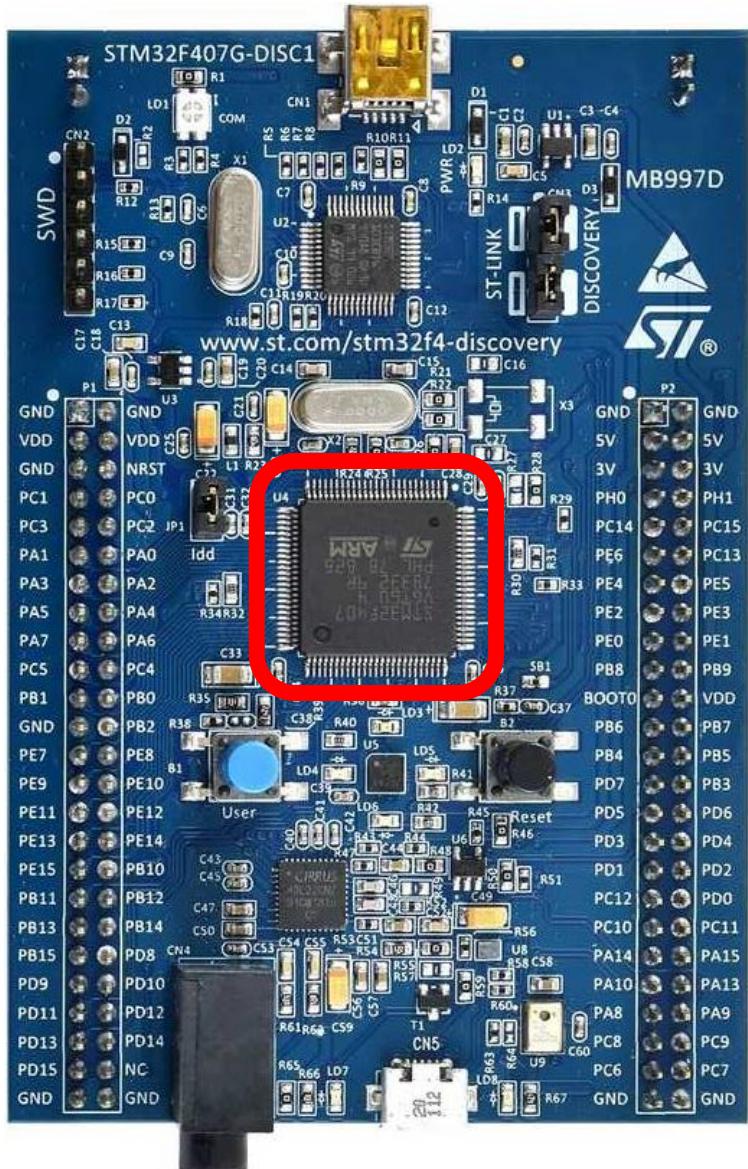


STM32 Ailesi Sınıflandırma



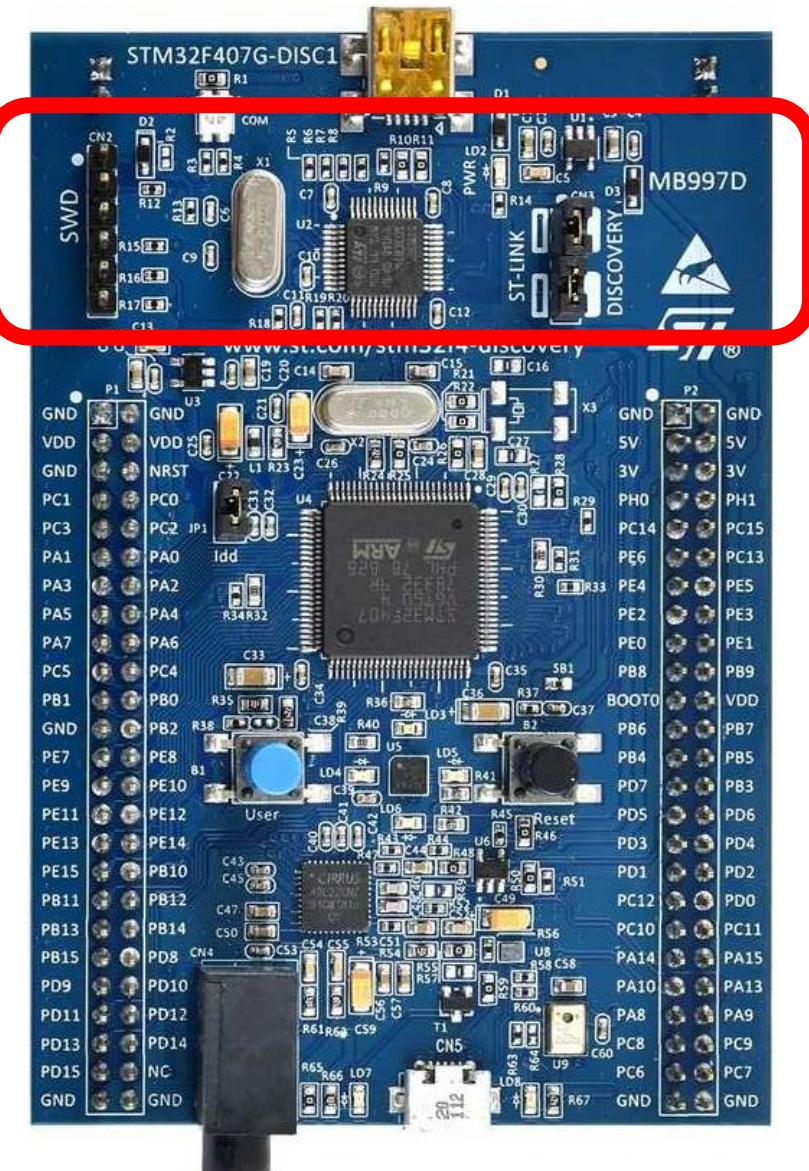
- **Yüksek Performans**
- **Yaygın, Ana Sınıf**
- **Üstün Düşük Güç Tüketimi**
- **Kablosuz**

STM32F4 Discovery Kartı



- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici

STM32F4 Discovery Kartı



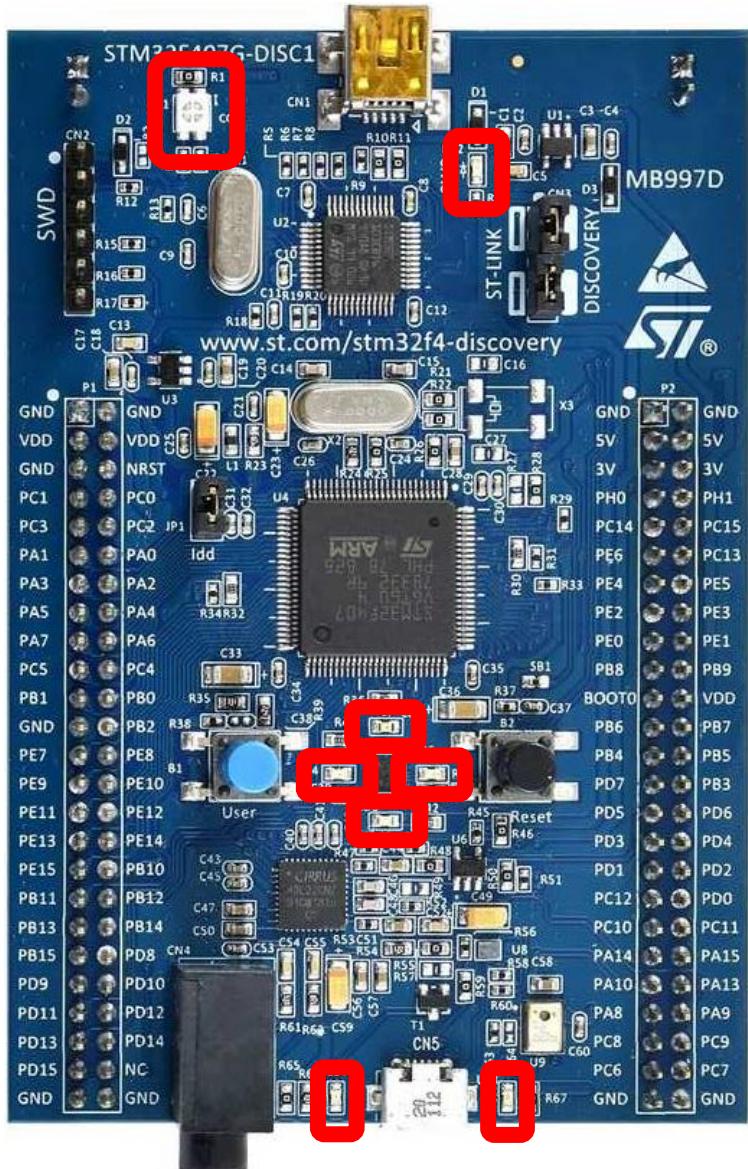
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2

STM32F4 Discovery Kartı



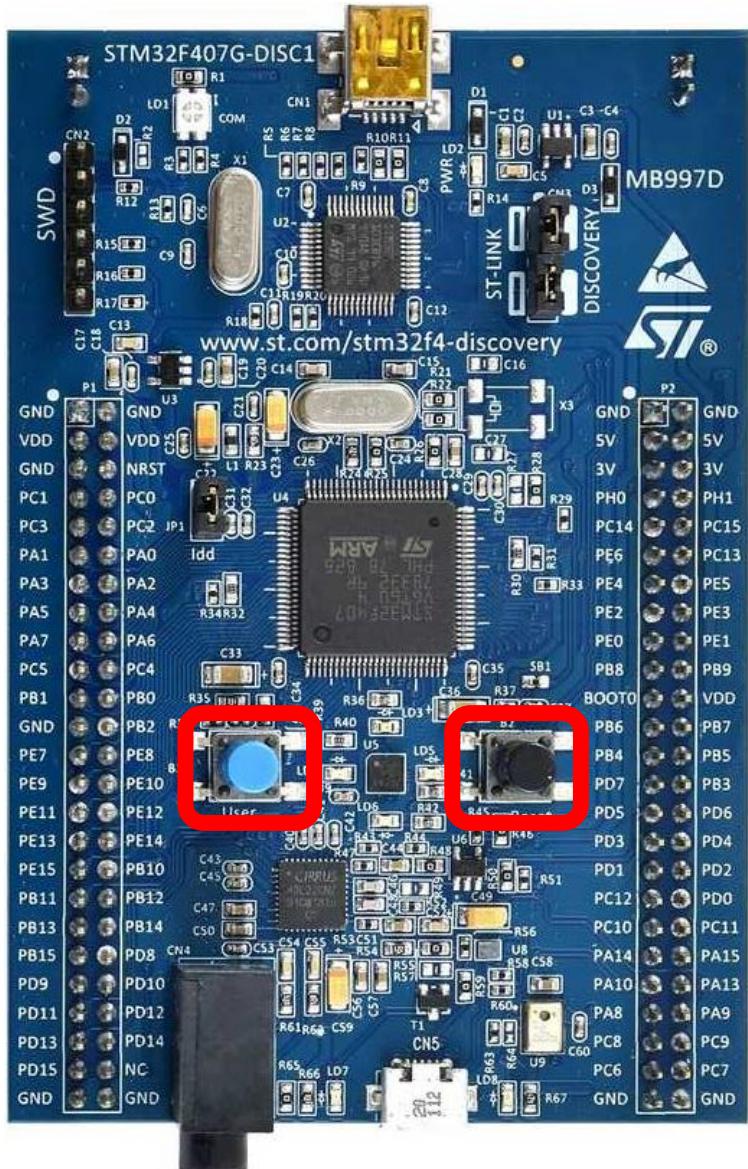
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB

STM32F4 Discovery Kartı



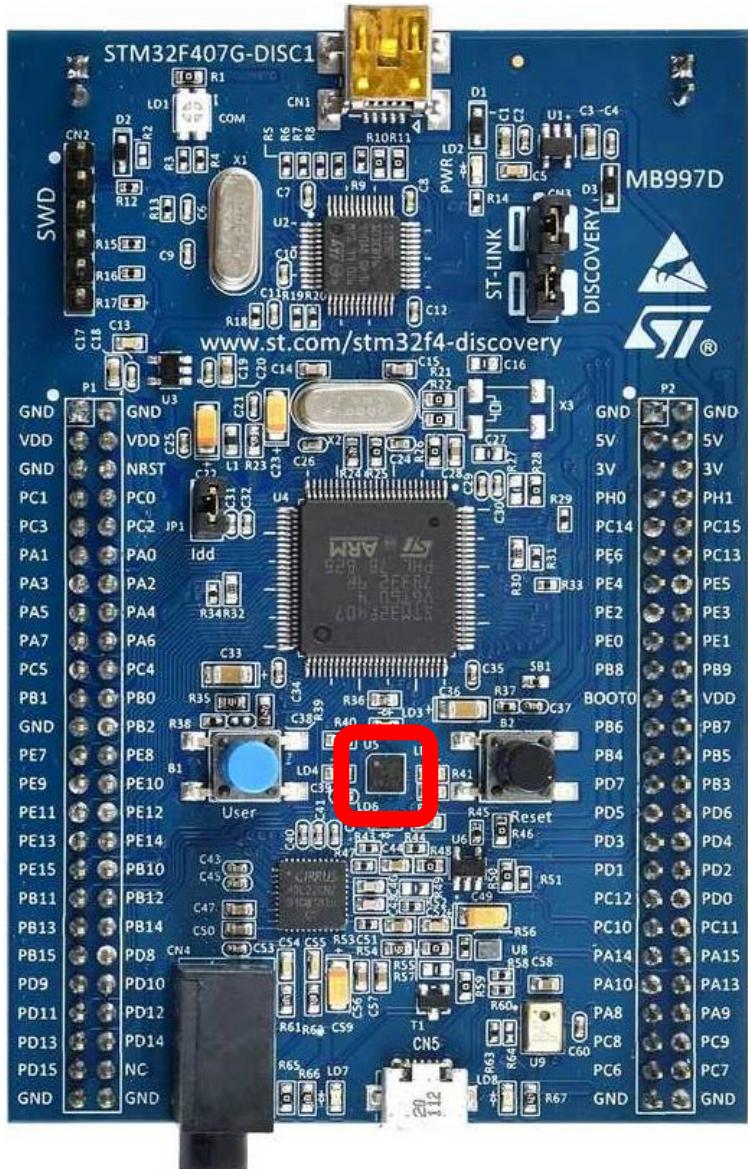
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler

STM32F4 Discovery Kartı



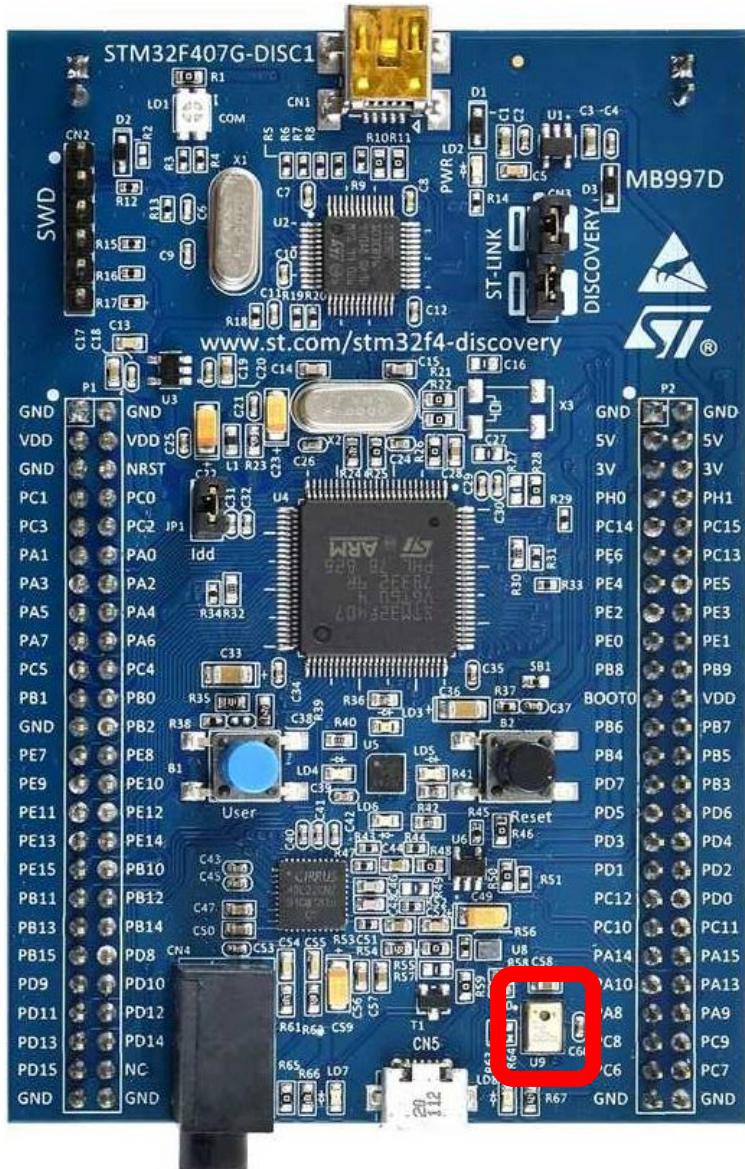
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar

STM32F4 Discovery Kartı



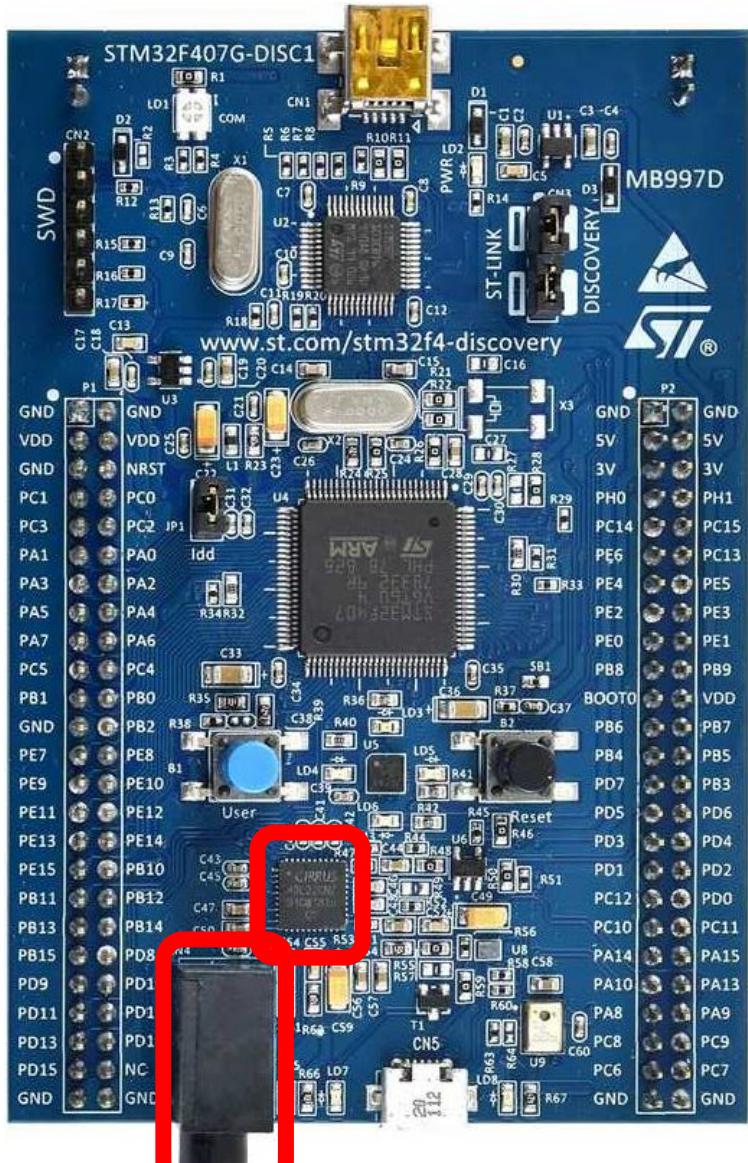
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)

STM32F4 Discovery Kartı



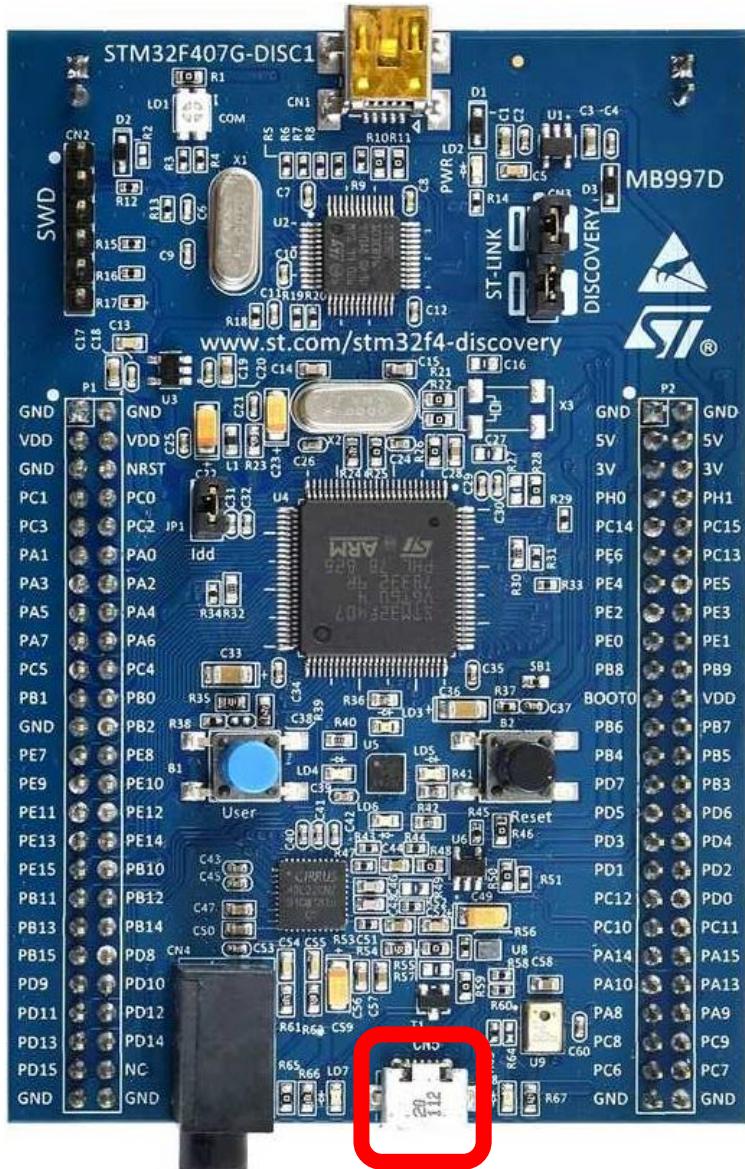
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon

STM32F4 Discovery Kartı



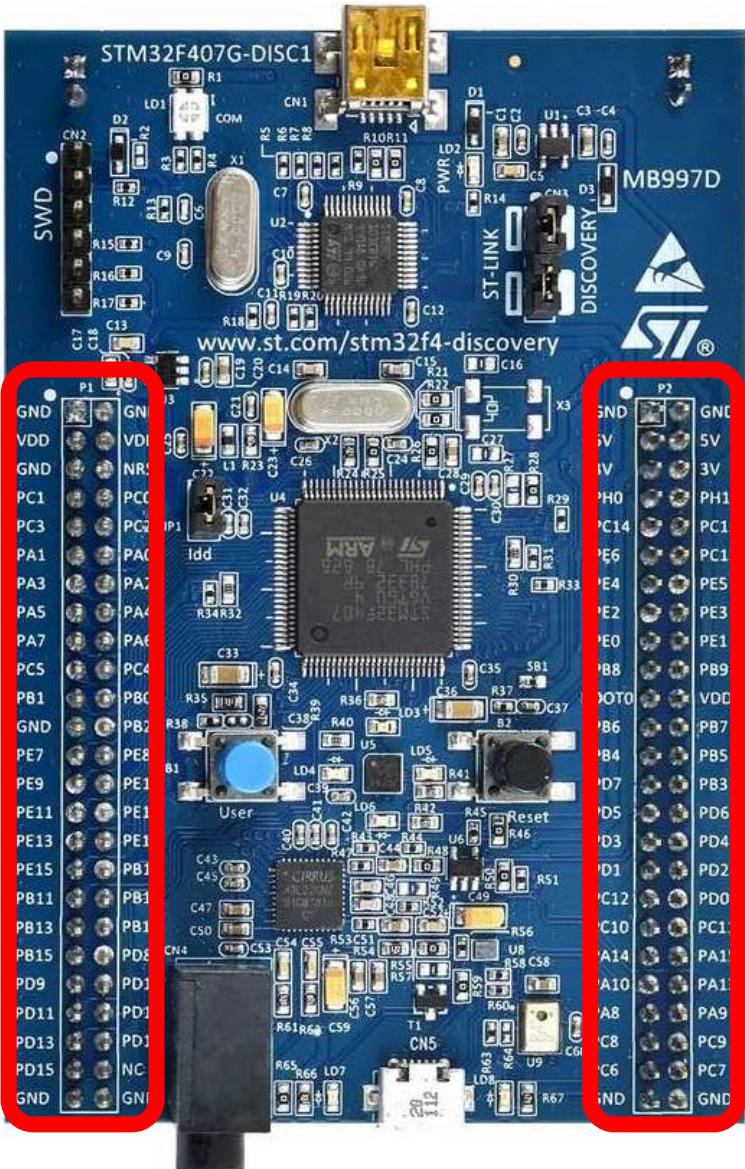
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon
- Ses DAC Çipi ve Hoparlör Çıkışı

STM32F4 Discovery Kartı



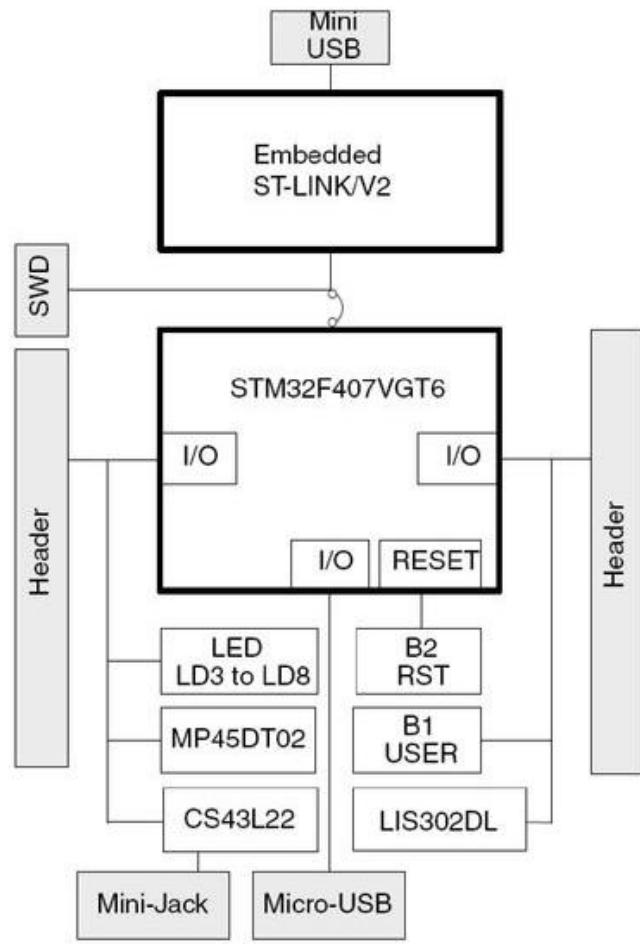
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon
- Ses DAC Çipi ve Hoparlör Çıkışı
- Micro USB OTG

STM32F4 Discovery Kartı

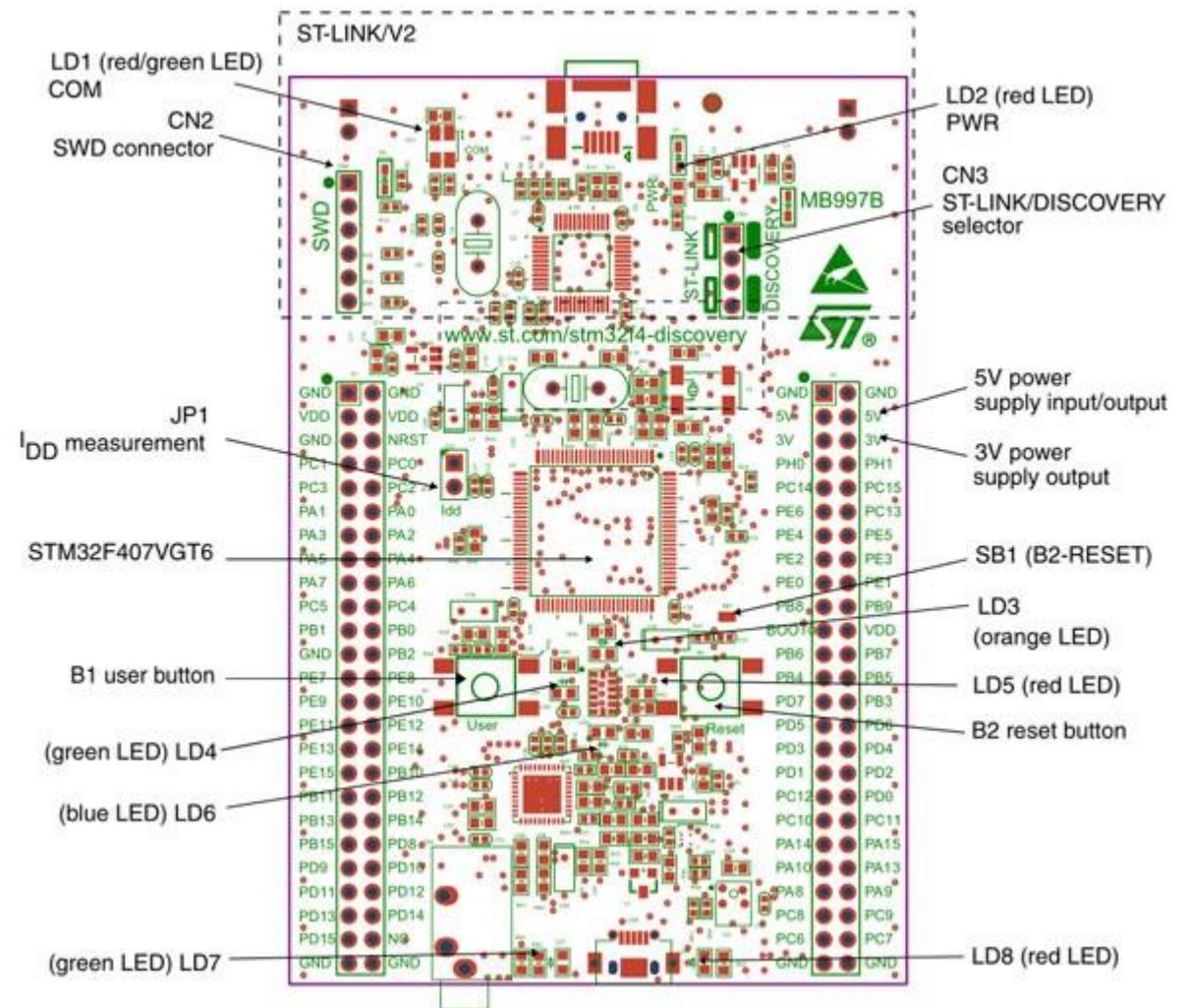


- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon
- Ses DAC Çipi ve Hoparlör Çıkışı
- Micro USB OTG
- Pin çıkışları (Header)

STM32F4 Discovery Kartı



Hardware block diagram

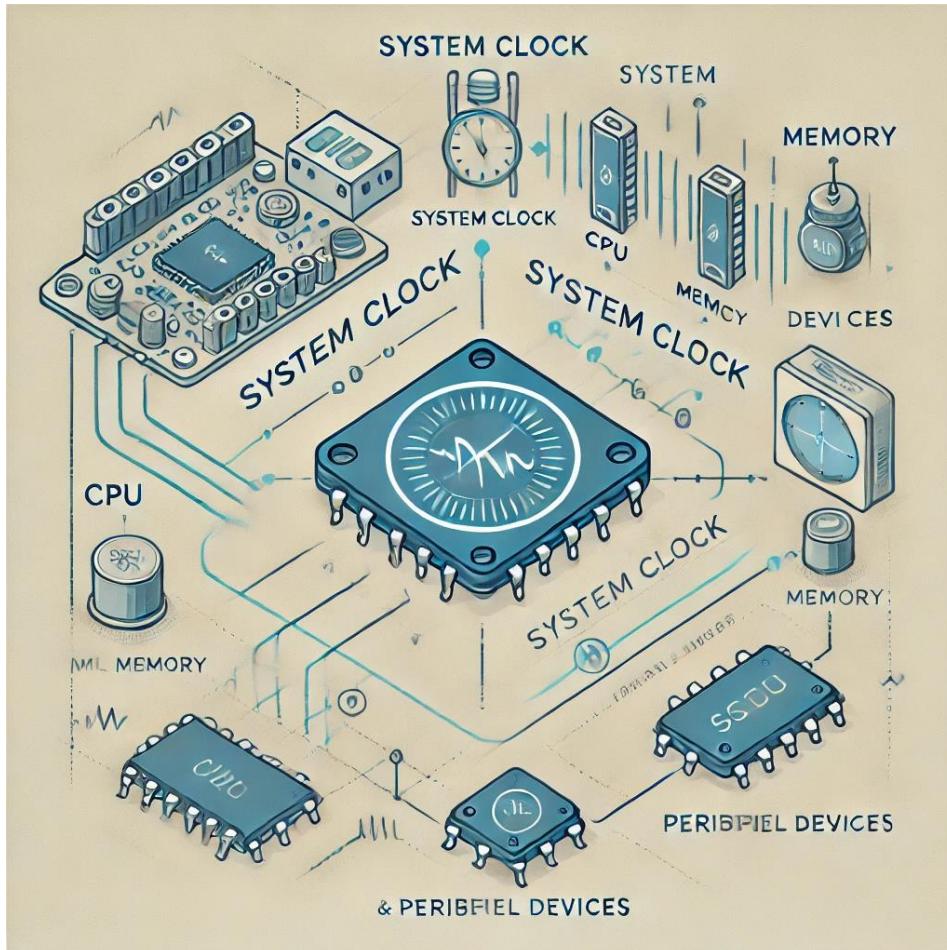




BTK
AKADEMİ

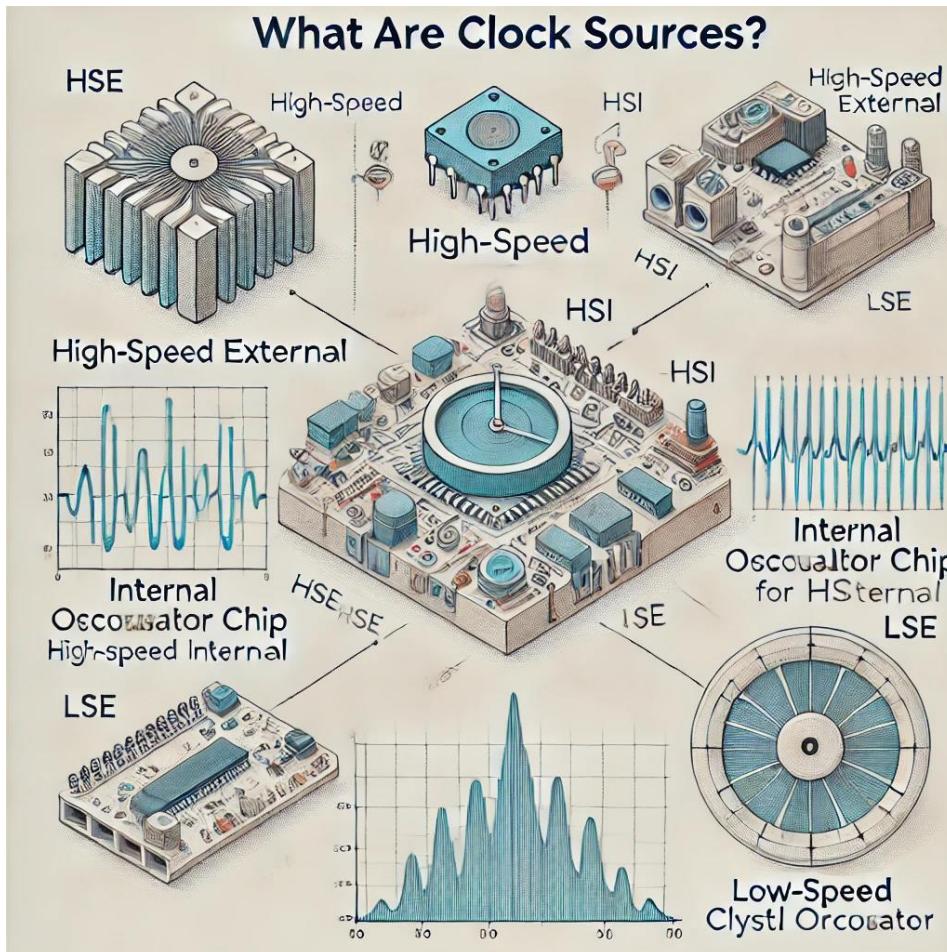
Sistem Saati ve Saat Kaynakları

Sistem Saati Nedir?



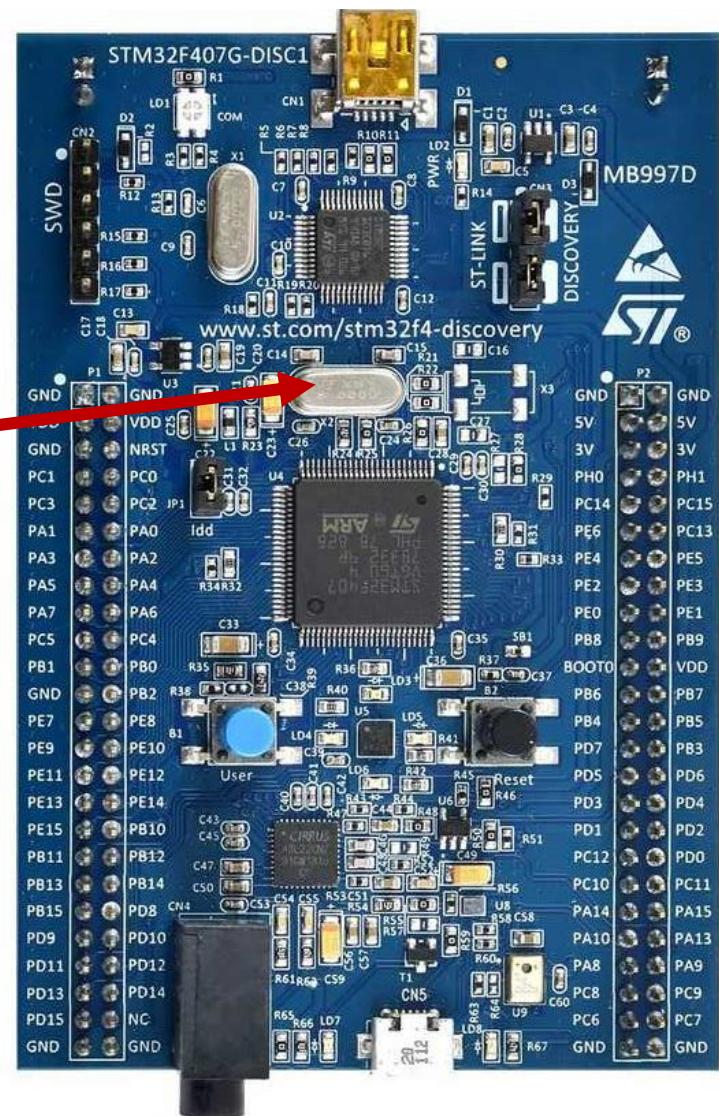
- Mikrodenetleyicilerin ve diğer dijital sistemlerin çalışmasını sağlayan temel bir zamanlama sinyali
- İşlemci, bellek ve çevresel birimlerin birbiriyle uyumlu çalışması için gerekli sinyal
- Osilatör tarafından üretilir
- Tüm işlemlerin senkron-eşzamanlı olarak yapılmasını sağlar.

Saat Kaynakları Nedir?



- **Dahili Osilatörler**
 - **HSI (High Speed Internal)**
 - **LSE (Low Speed Internal)**
- **Harici Osilatörler**
 - **HSE (High Speed External)**
 - **LSE (Low Speed External)**
- **PLL(Phase Locked Loop)**

STMF4 Saat Bilgileri



- Dahili Osilatör
→ HSI : 16 MHz
- Harici Osilatör
→ 4 – 26 MHz
→ 8 MHz



BTK
AKADEMİ

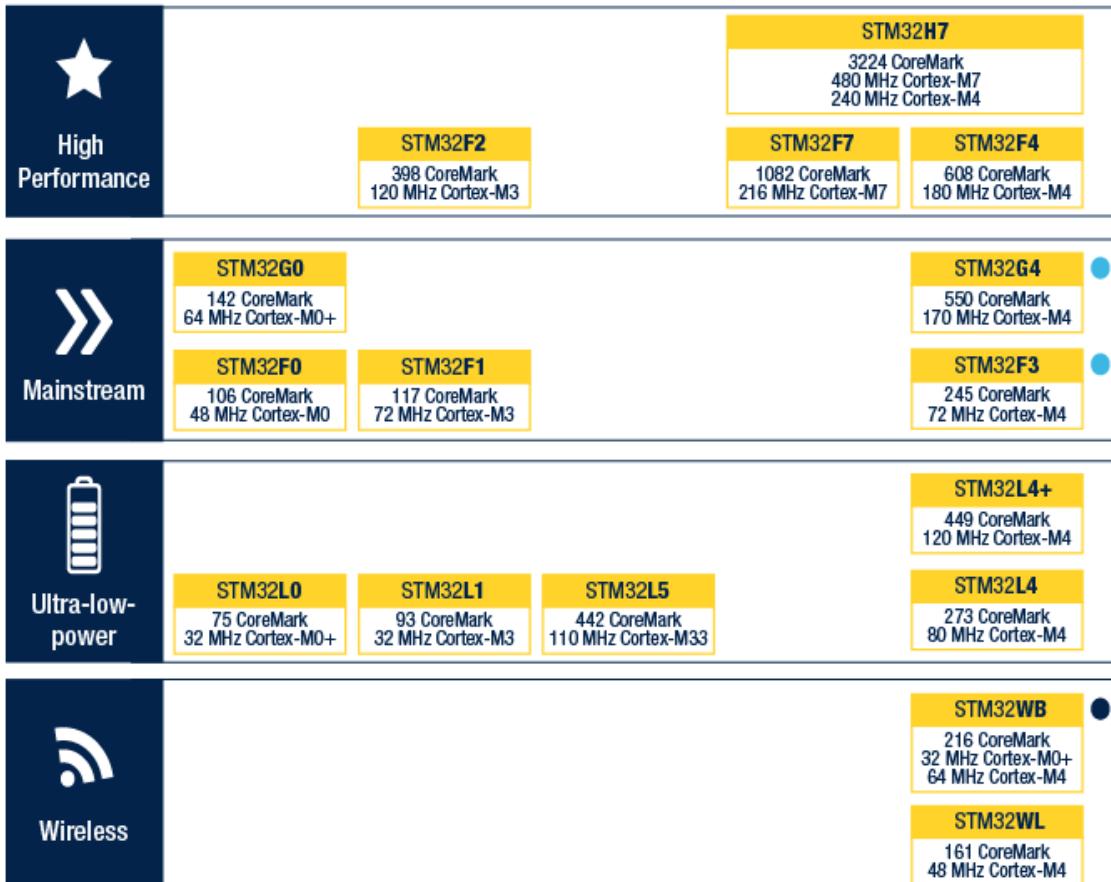
STM32 Ailesi ve STM32F4 Discovery Kartı ile Tanışma

STM32 Ailesi

- STMicroelectronics / ST
- ARM
→ STM32
- STM32 Ailesi Mikrodenetleyicilerinde;
→ Cortex-M0
→ Cortex-M0+
→ Cortex-M3
→ Cortex-M4
→ Cortex-M7

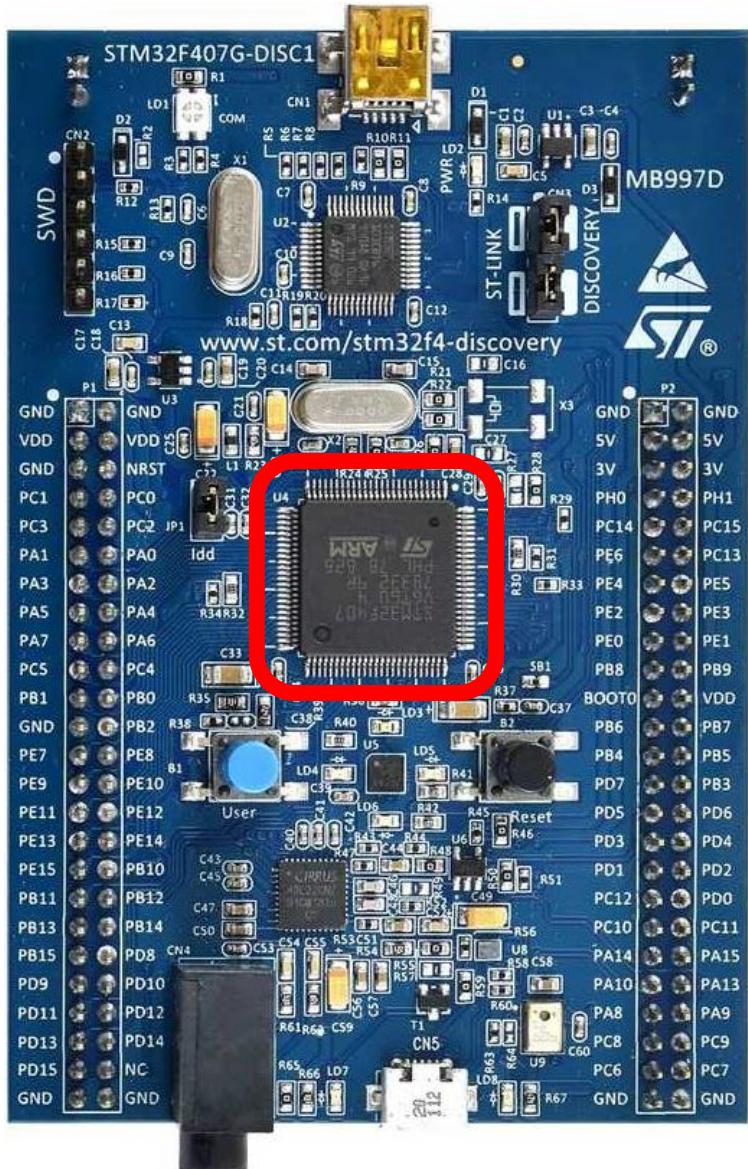


STM32 Ailesi Sınıflandırma



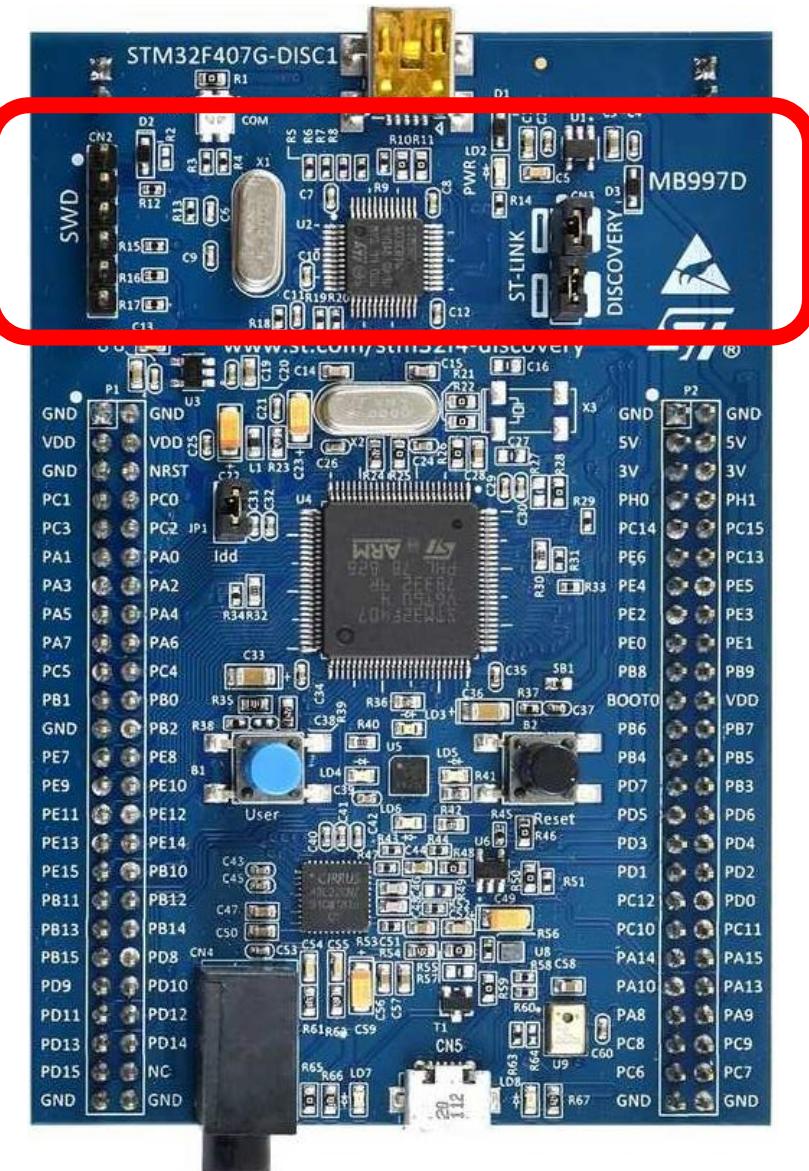
- **Yüksek Performans**
- **Yaygın, Ana Sınıf**
- **Üstün Düşük Güç Tüketimi**
- **Kablosuz**

STM32F4 Discovery Kartı



- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici

STM32F4 Discovery Kartı



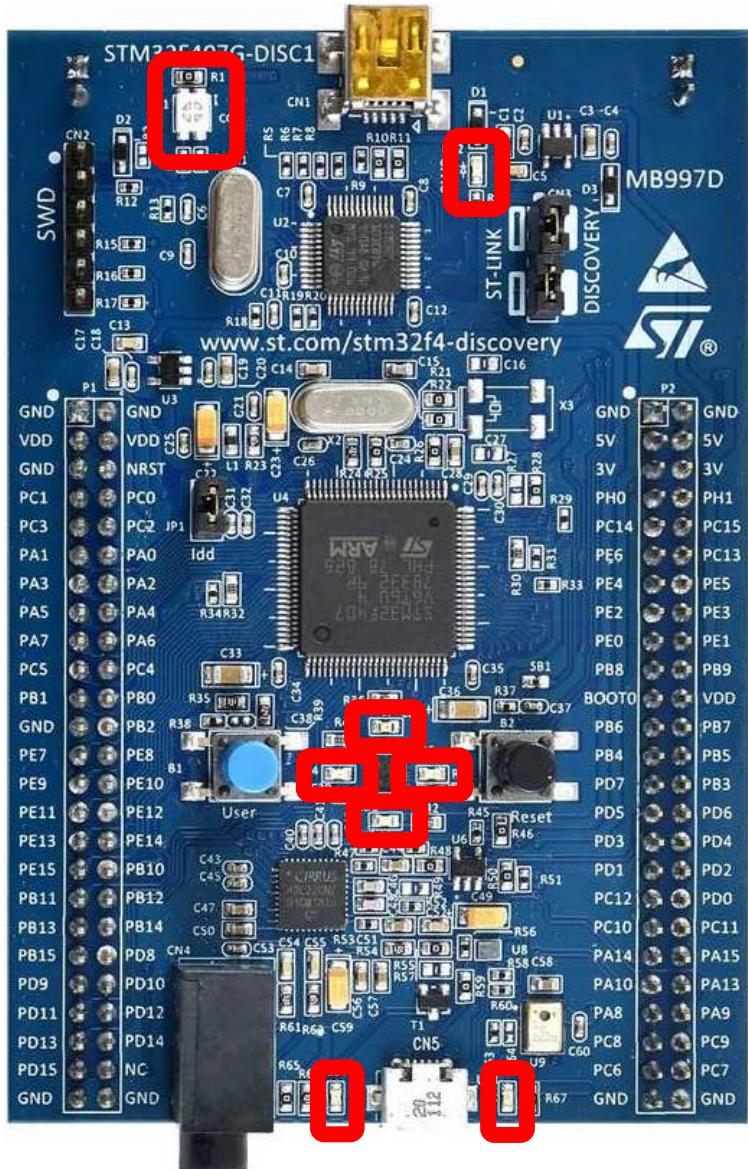
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2

STM32F4 Discovery Kartı



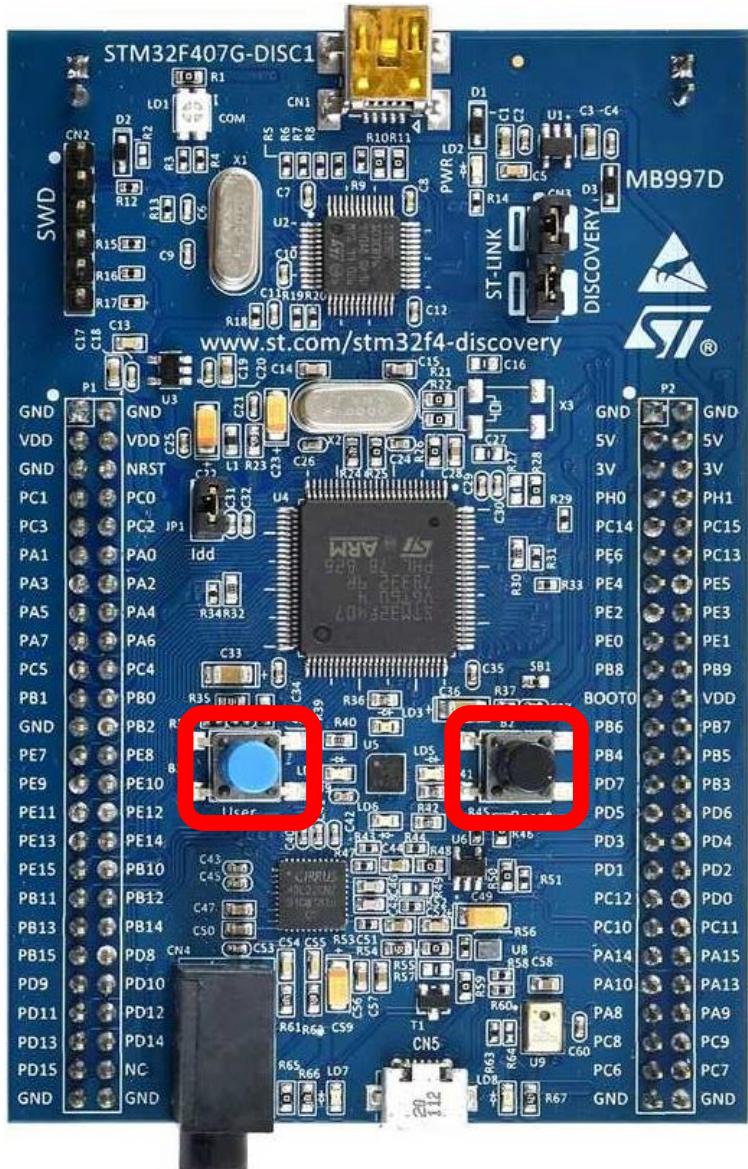
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB

STM32F4 Discovery Kartı



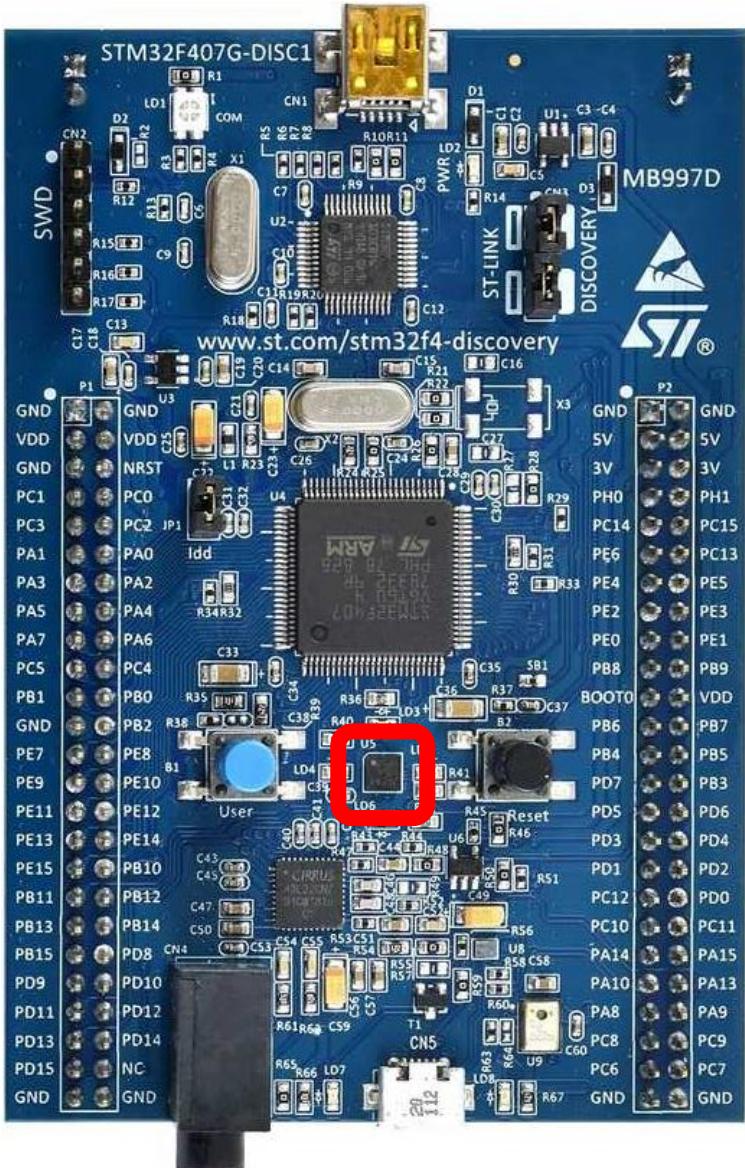
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler

STM32F4 Discovery Kartı



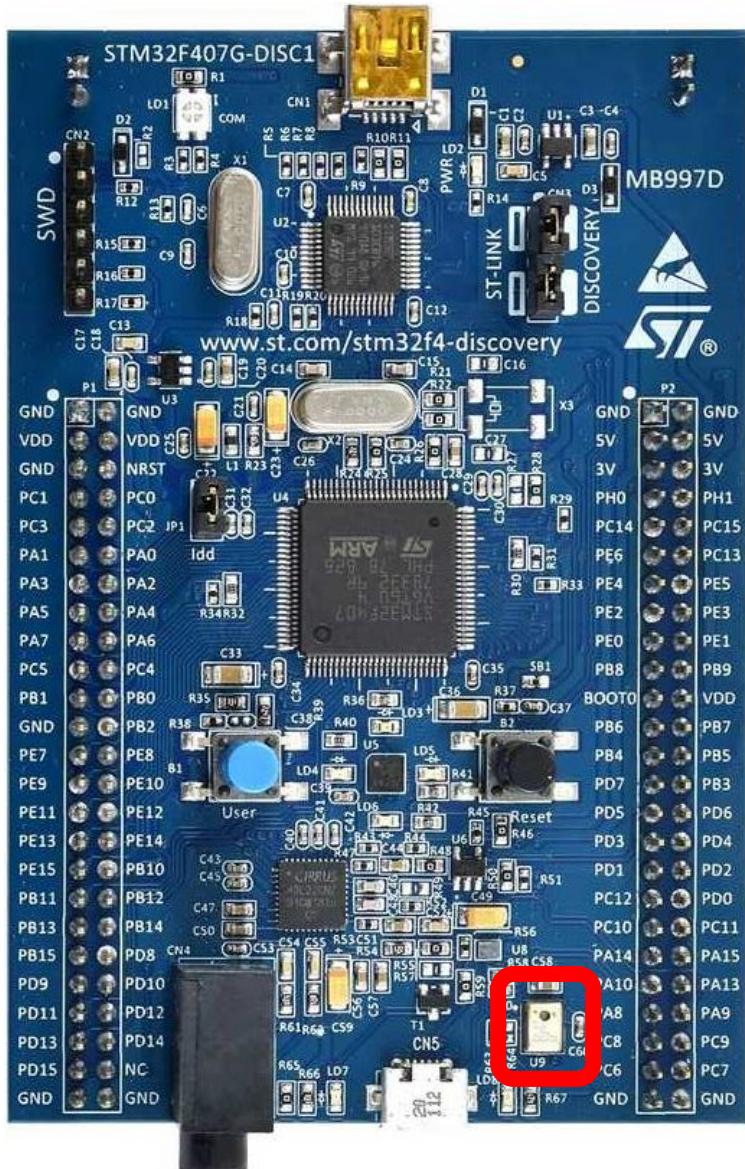
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar

STM32F4 Discovery Kartı



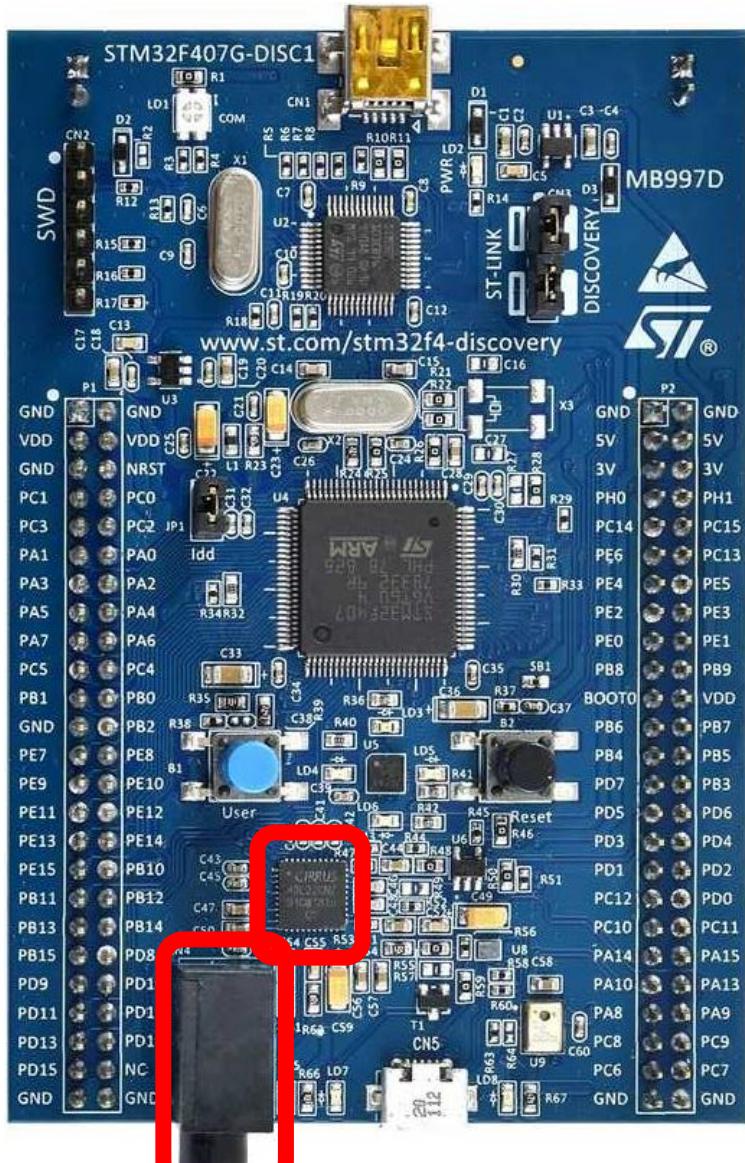
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)

STM32F4 Discovery Kartı



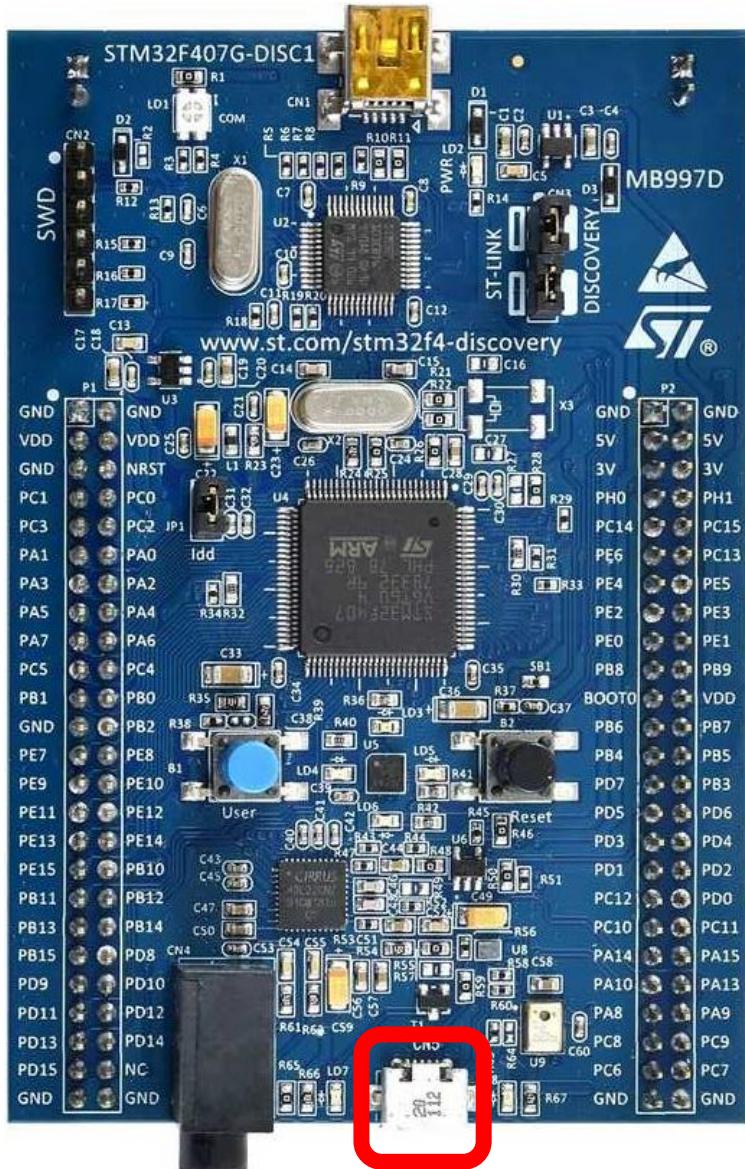
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon

STM32F4 Discovery Kartı



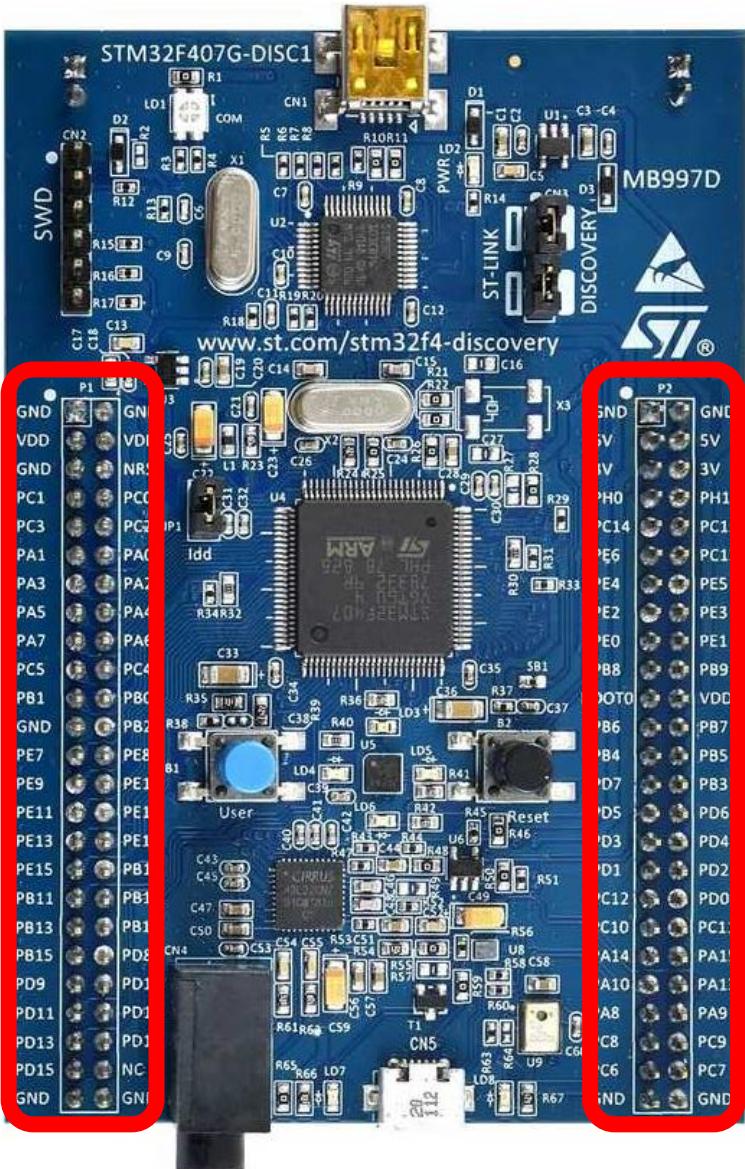
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon
- Ses DAC Çipi ve Hoparlör Çıkışı

STM32F4 Discovery Kartı



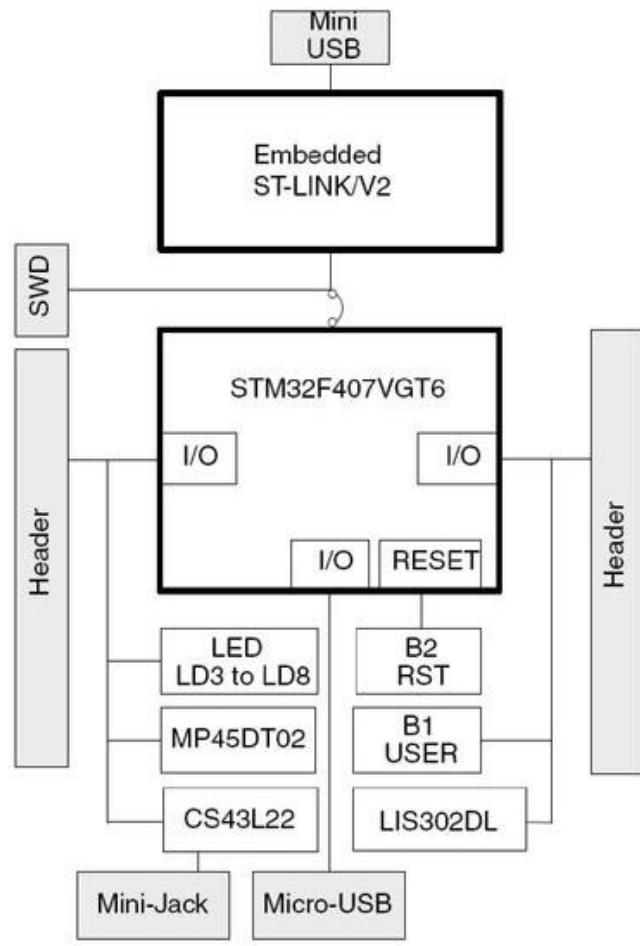
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon
- Ses DAC Çipi ve Hoparlör Çıkışı
- Micro USB OTG

STM32F4 Discovery Kartı

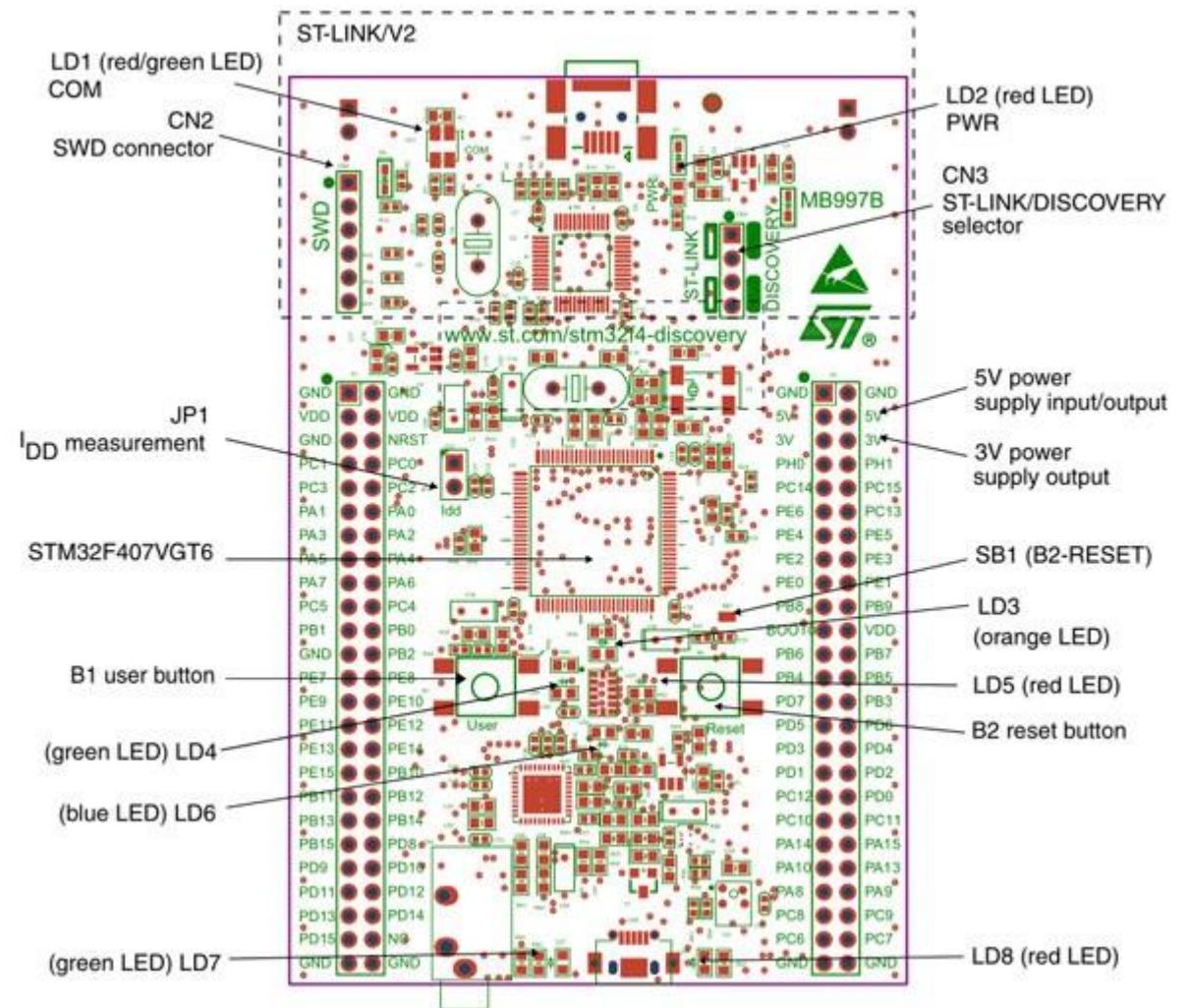


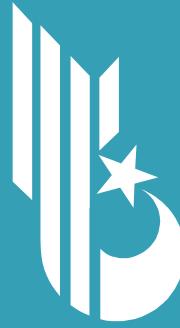
- STM32F407VGT6 Mikrodenetleyici
- ST Programlayıcı ST-LINK V2
- Mini USB
- Ledler
- Butonlar
- 3 Eksen İvme Ölçer (LIS3DSH)
- MP45DT02 ST-MEMS Ses sensörü ve Mikrofon
- Ses DAC Çipi ve Hoparlör Çıkışı
- Micro USB OTG
- Pin çıkışları (Header)

STM32F4 Discovery Kartı



Hardware block diagram

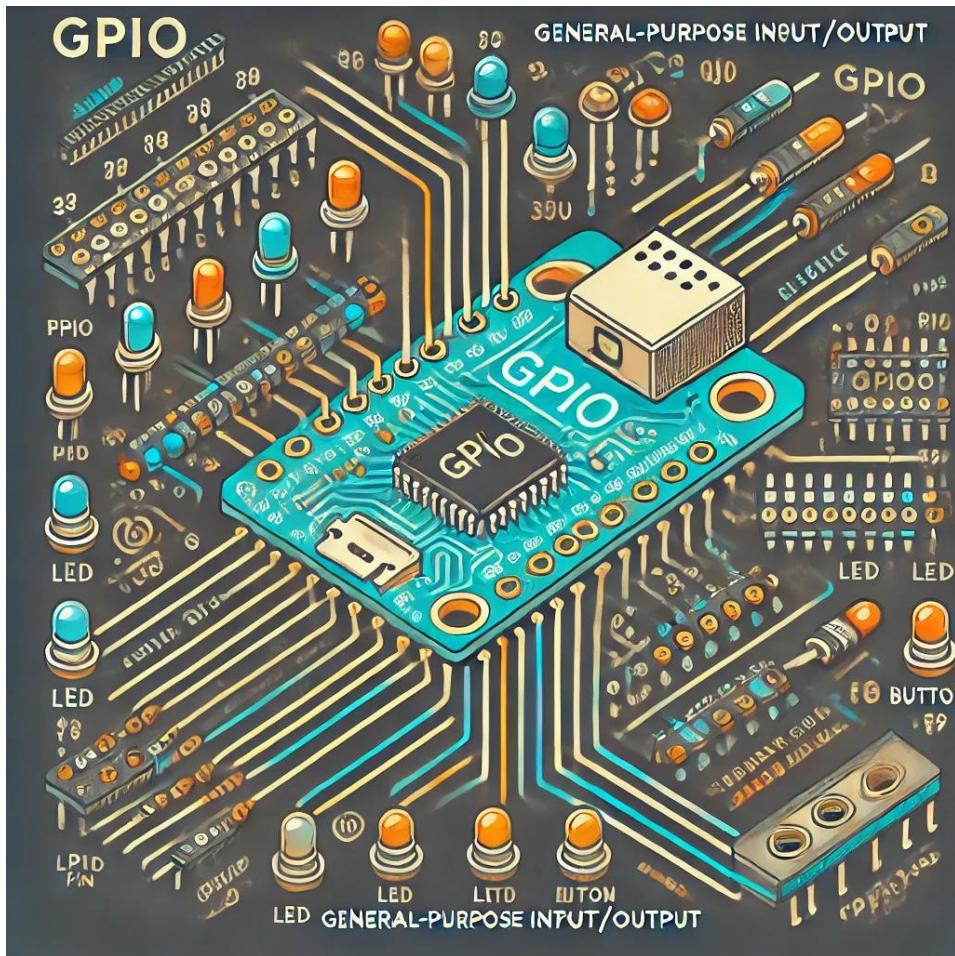




BTK
AKADEMİ

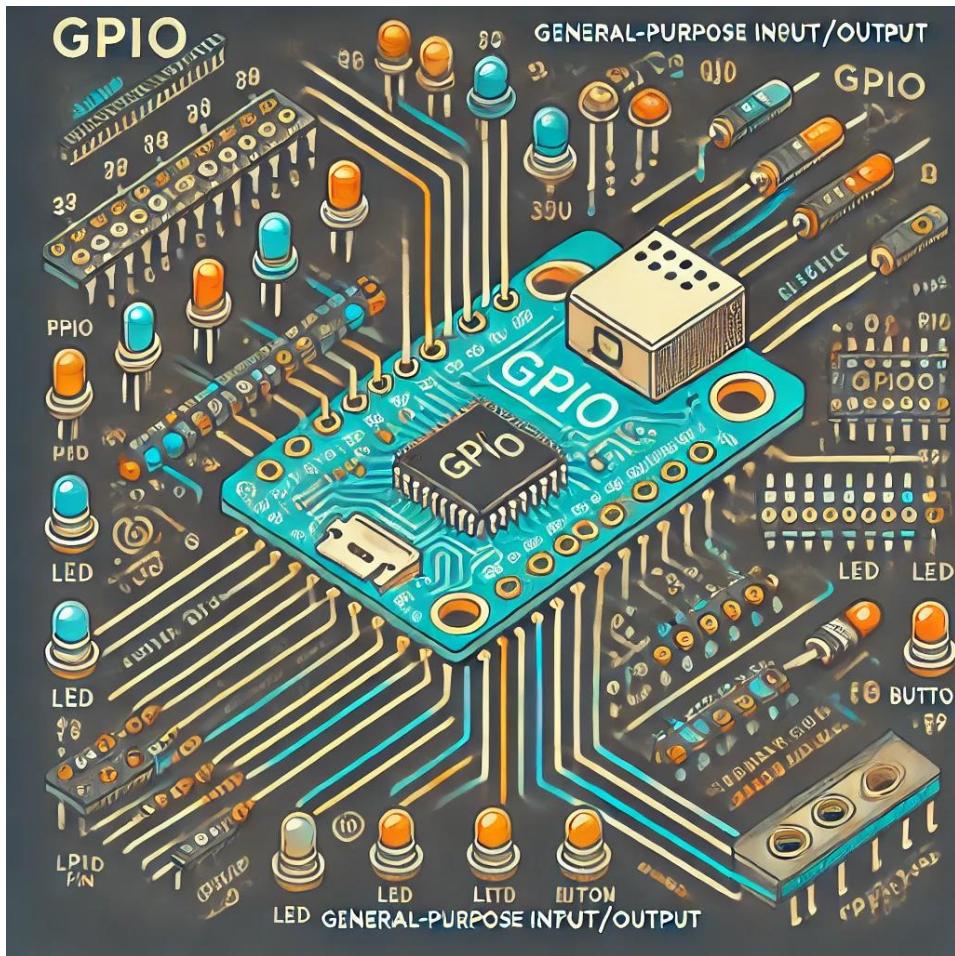
GPIO - Genel Amaçlı Giriş Çıkış

GPIO – Genel Amaçlı Giriş Çıkış



- General Purpose Input Output
- Çok yönlü pin
- Konfigure edilebilir
- Dış dünya ile etkileşim sağlar

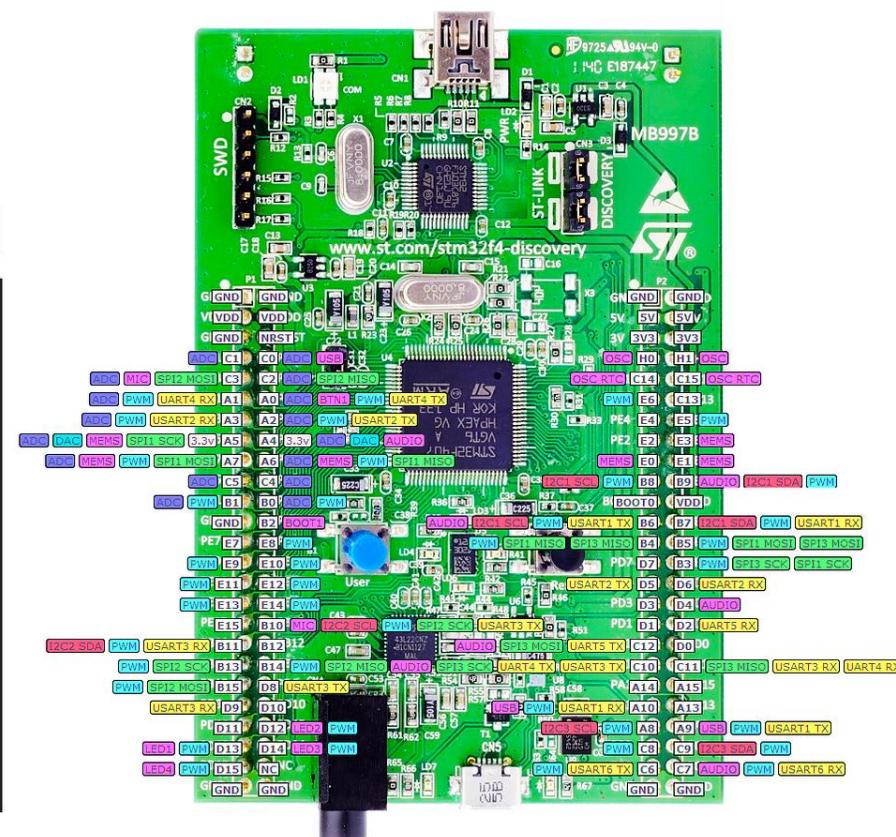
GPIO Pinlerinin Temel İşlevleri



- Dijital Giriş
 - Dijital Çıkış
 - Analog
 - Alternatif fonksiyon

STM32F4 GPIO Özellikleri

P1



P2

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50

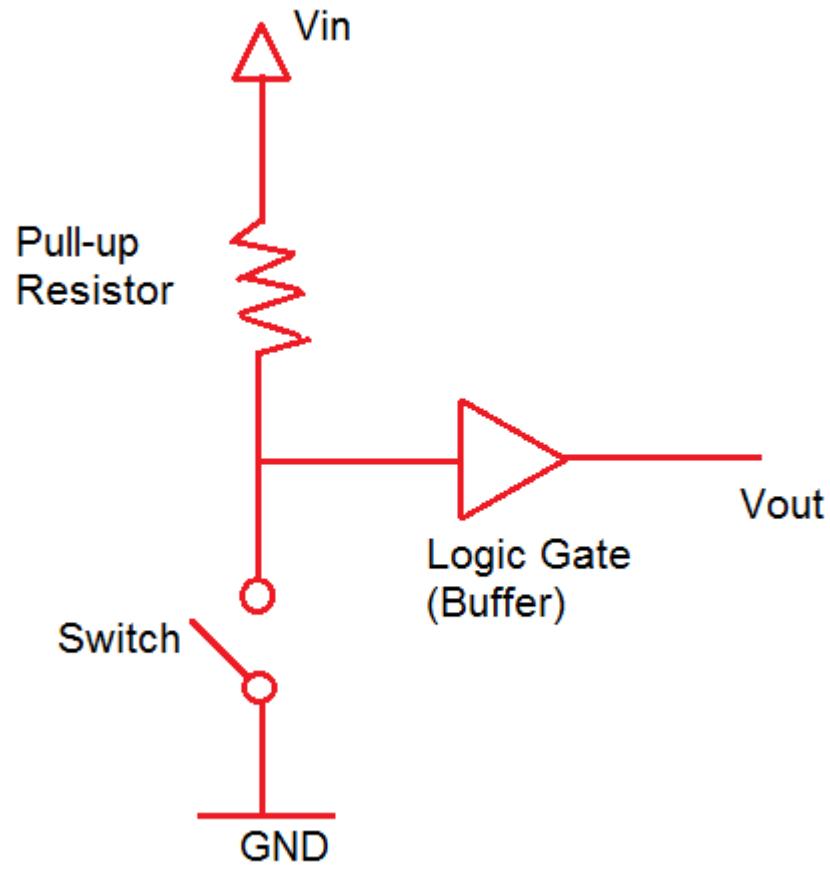
- 16 Pine kadar grüplanabilir GPIO Portları
- Push pull / open drain yapılandırma
- Ayarlanabilir Port hızı
- Pull Up / Pull Down / Analog / Boşta
- Esnek ve çok yönlü



BTK
AKADEMI

GPIO Pull Up – Pull Down

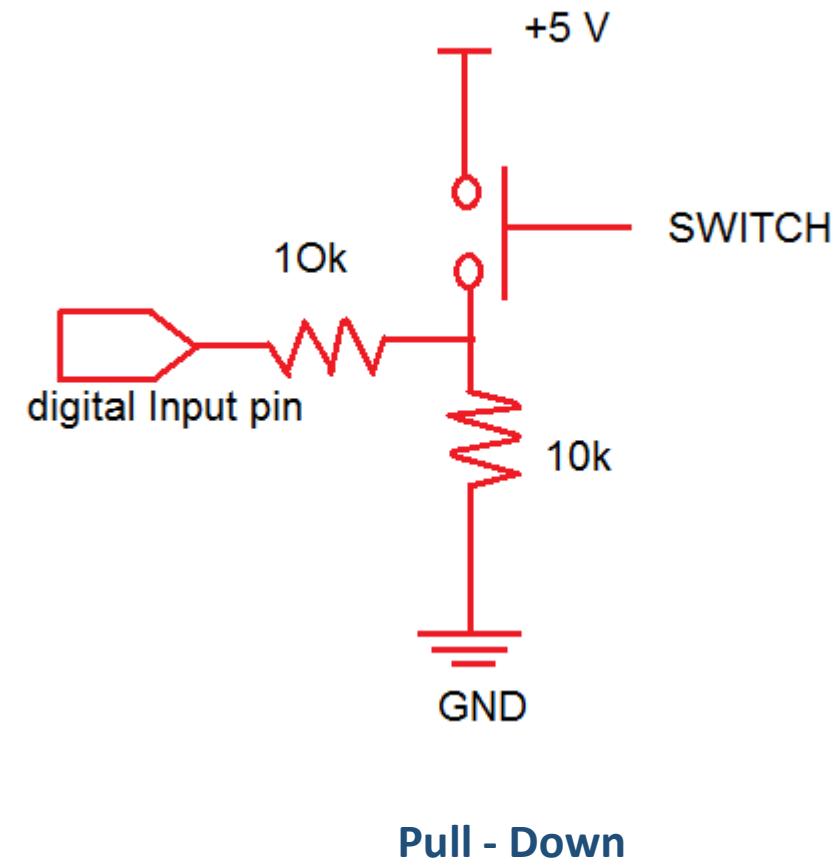
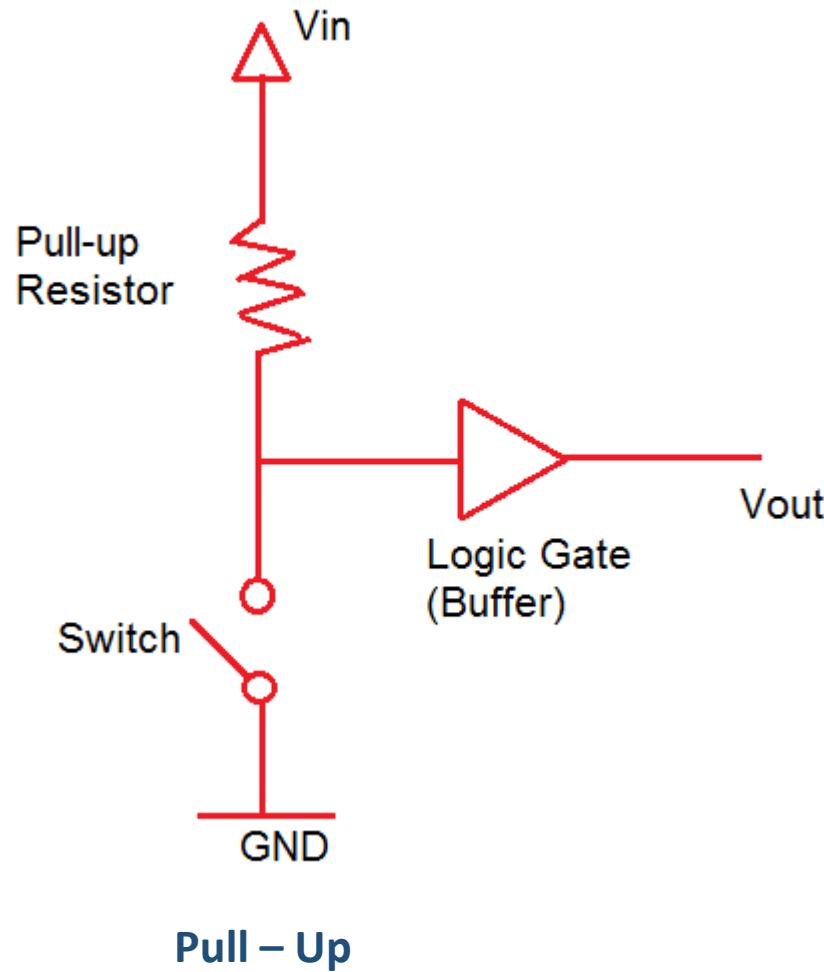
Pull Up – Pull Down



- GPIO dış dünya ile haberleşir
- Kararlı voltaj seviyesi

Pull – Up

Pull Up – Pull Down

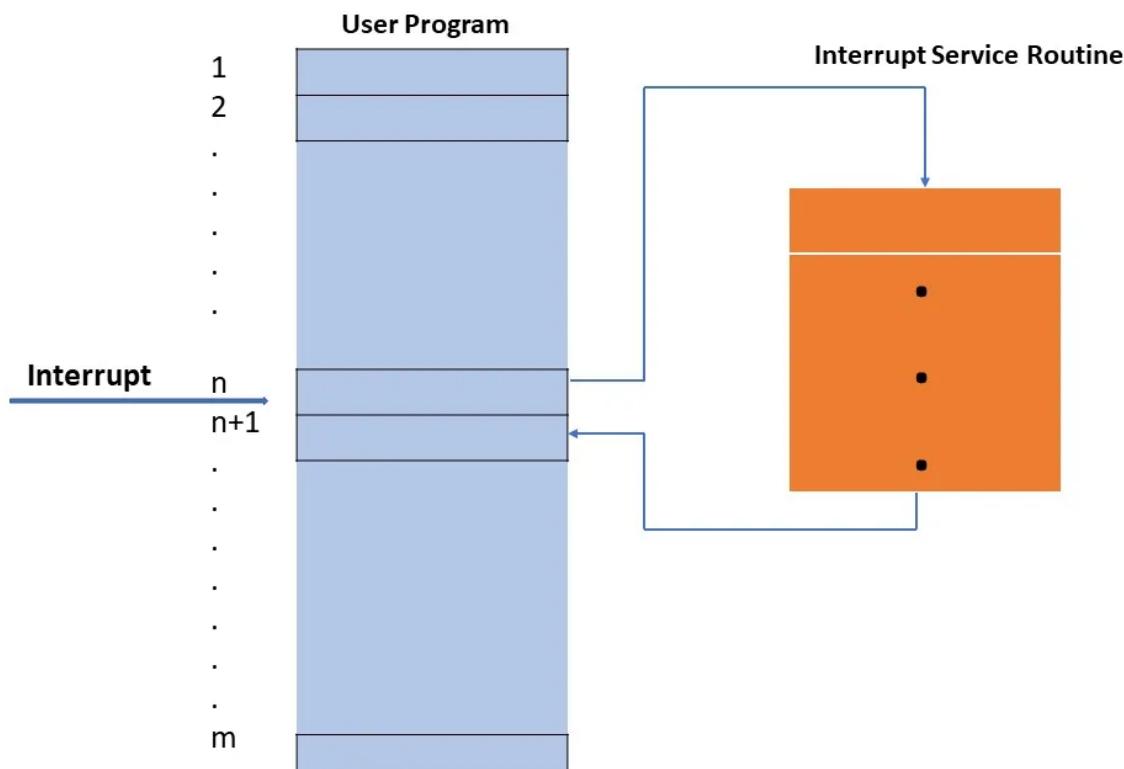




BTK
AKADEMİ

INTERRUPT – KESME
EXTERNAL INTERRUPT – HARİCİ KESME

Interrupt – Kesme



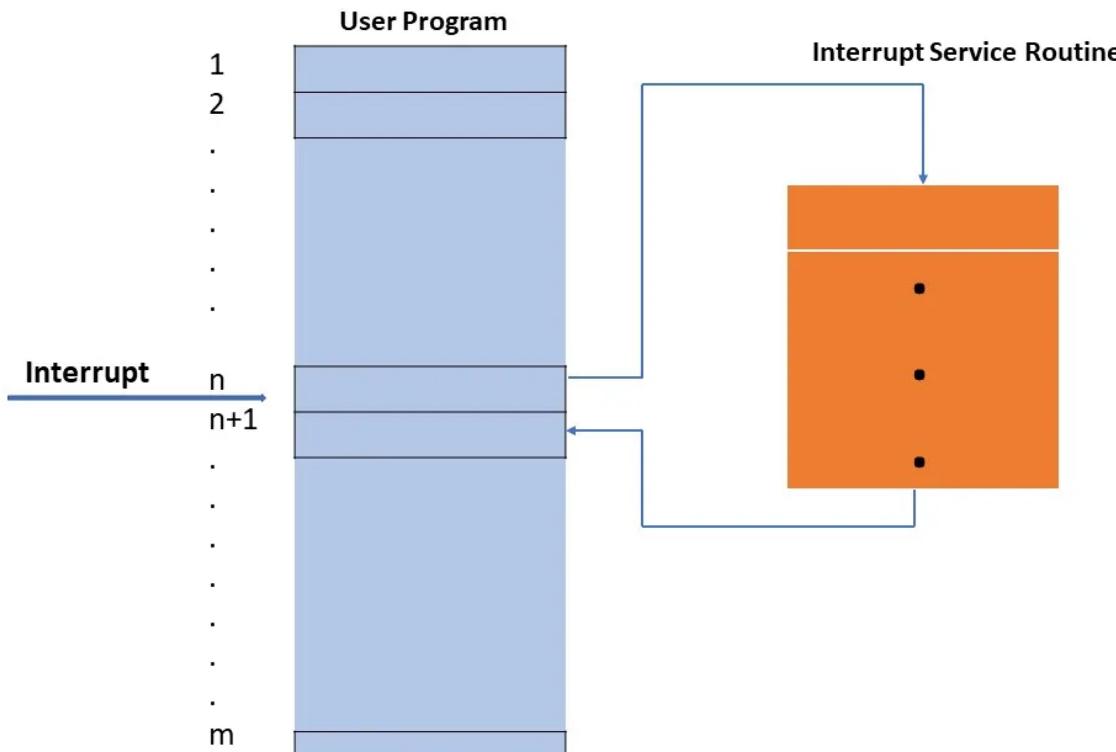
- Önceliği yüksek işlerin kontrolü
- Çok hızlı yapılması gereken işlerde
- Anlık tepki verilmesi gereken noktalarda

STM32 Interrupt – Kesme Özellikleri



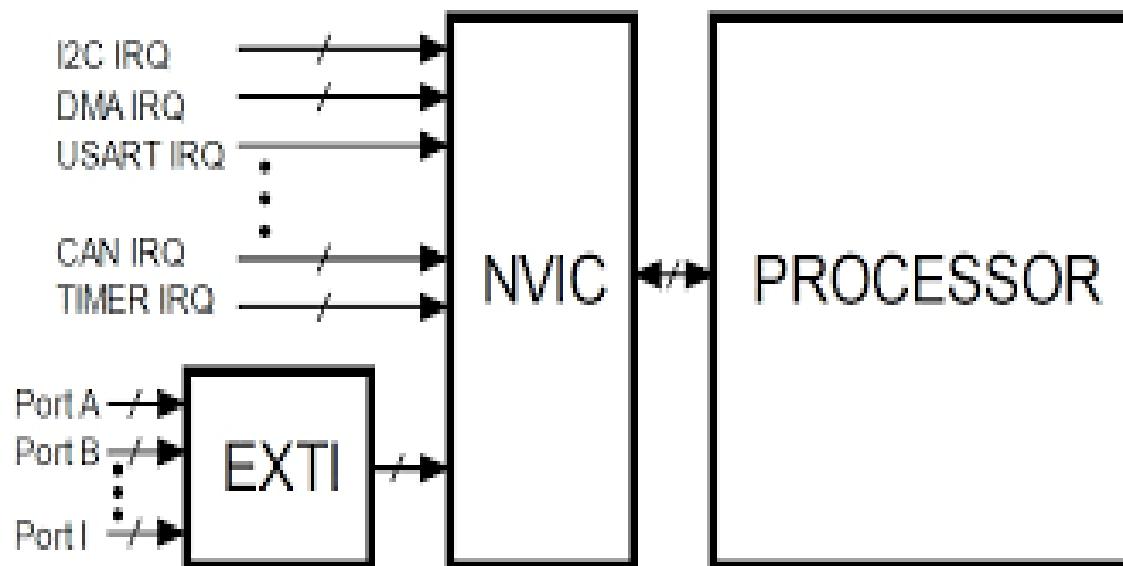
- 82 adet maskelenebilir
 - Programlanabilir 16 öncelik seviyesi
 - Düşük gecikme süresi
 - Güç kontrol kesmeleri
 - Sistem kontrol kesmeleri

External Interrupt – Harici Kesme



- Harici kaynak
- 23 harici kesme kaynağı
- Anlık tepki verilmesi gereken noktalarda
- Seçilebilir tetikleme şekli

NVIC – Nested Vectored Interrupt Controller



- İç içe vektörlenmiş kesme kontrolcüsü
- Kesme işleyici
- Kesme rutin kontrolcüsü



BTK
AKADEMİ

ANALOG DIGITAL CONVERTER – ADC

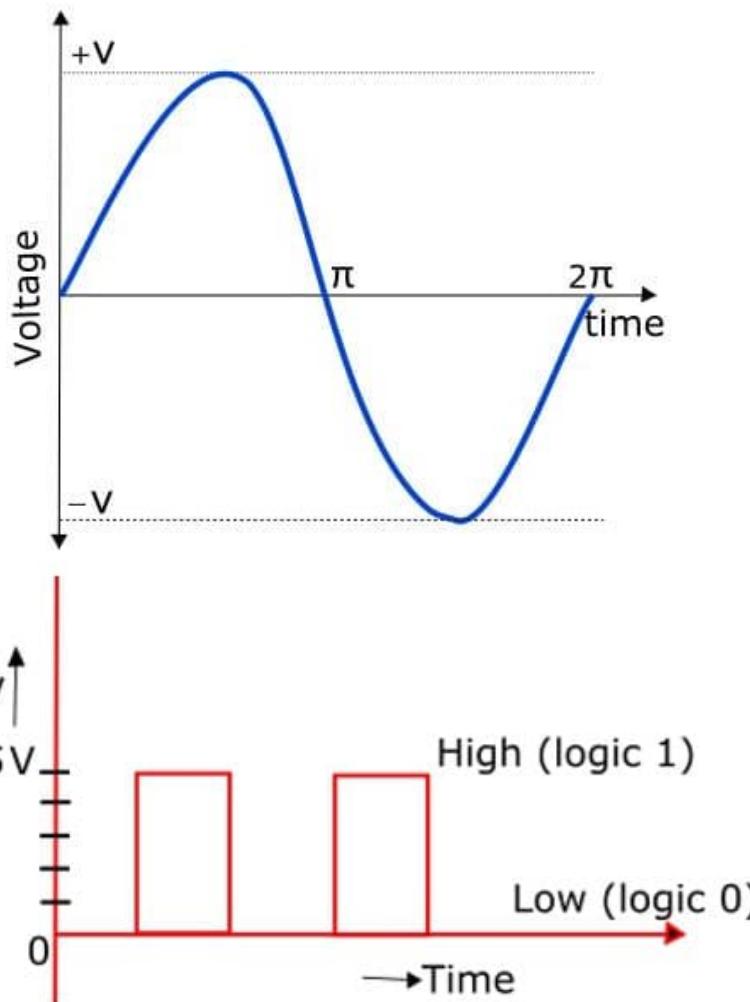
ANALOG DİJİTAL ÇEVİRİCİ

Analog ve Dijital Kavramları | Analog



- Fiziksel büyüklük -> analog büyüklük
- İki nokta arasında sonsuz değer
- $22 - 25 \rightarrow 22,00000001 | 22,999999654321$
 $| 22,99 | 24,9999987654321 | 25,99$

Analog ve Dijital Kavramları | Dijital



- Aralıksız matematiksel değer
- 1 ve 0 dan oluşan bilgi
- Değer aralığı belirli

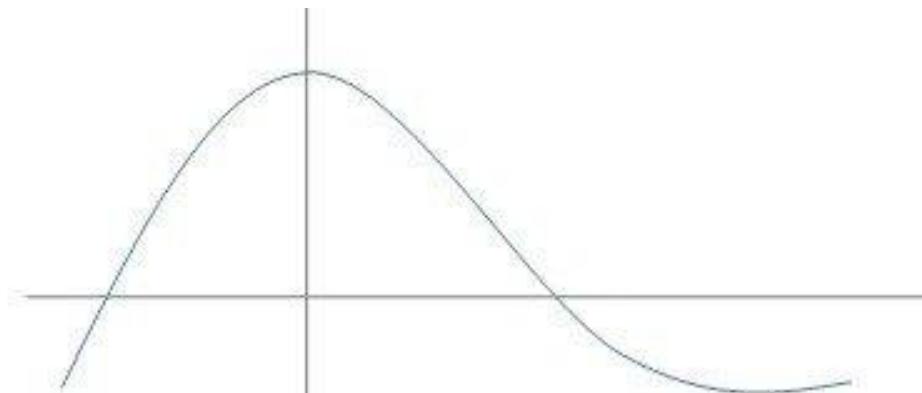


BTK
AKADEMİ

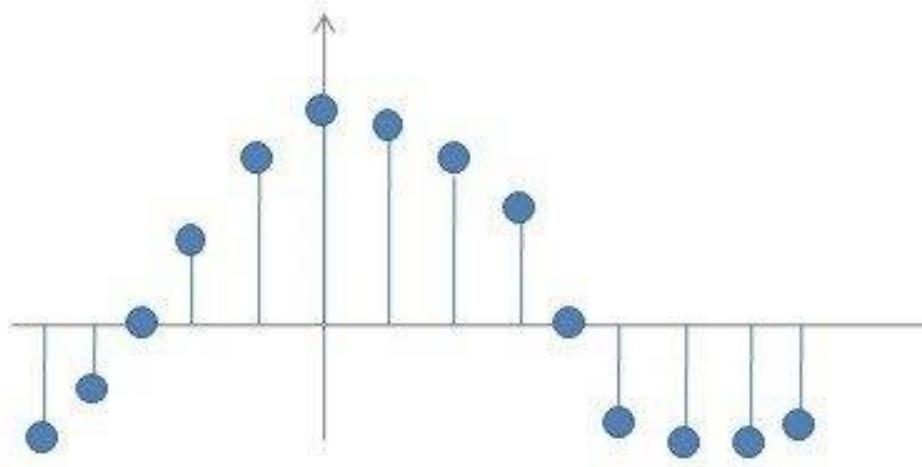
ANALOG DIGITAL CONVERTER – ADC

ANALOG DİJİTAL ÇEVİRİCİ

ADC Nasıl Çalışır?



Continuous Signal



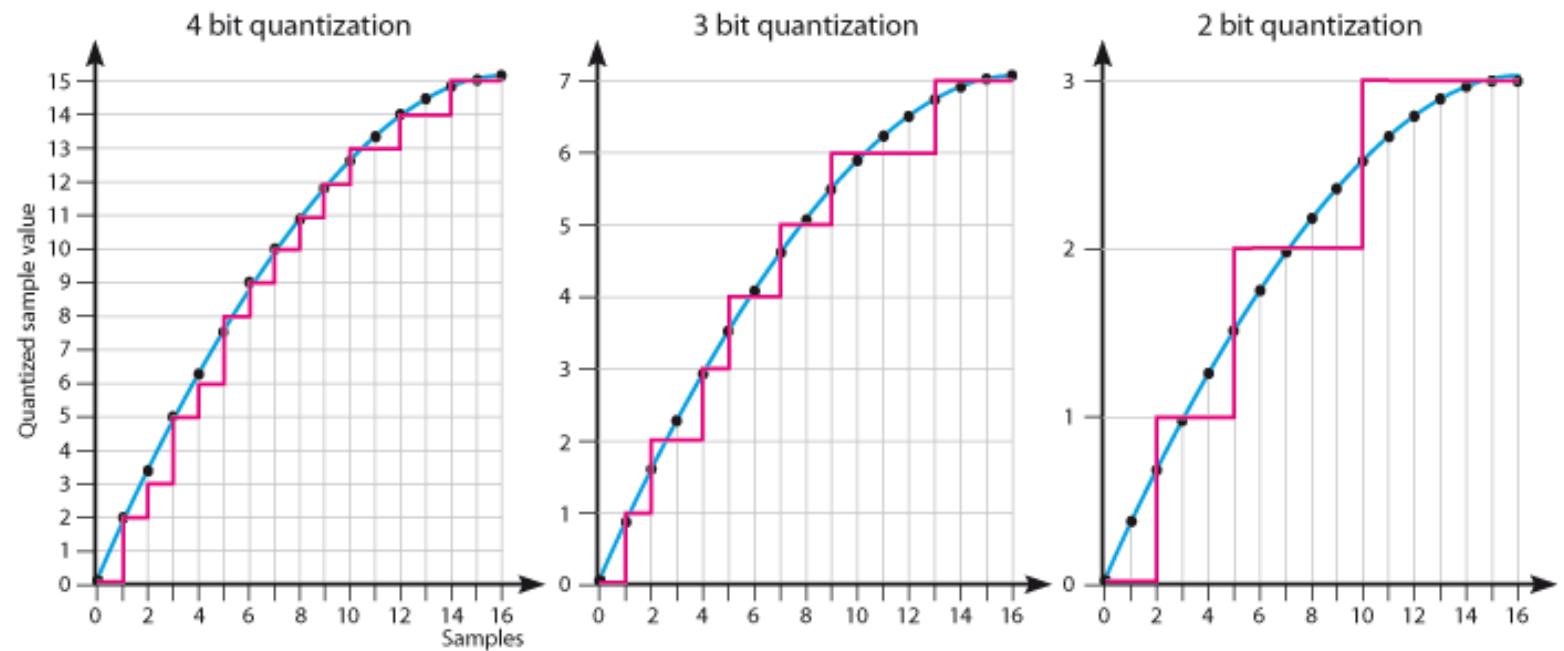
Discrete Signal

- Sürekli sinyal -> Ayrık Sinyal
- Kuantlama
- Adım Büyüklüğü:

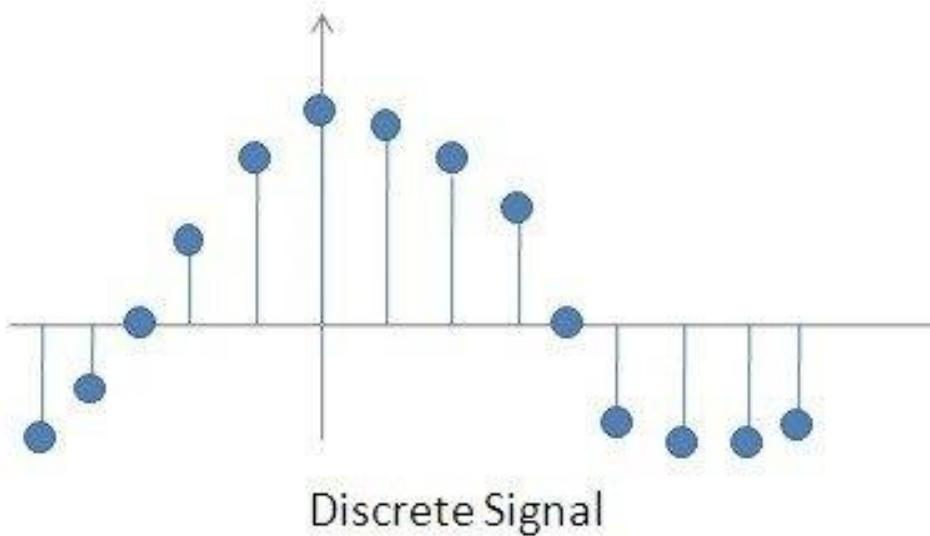
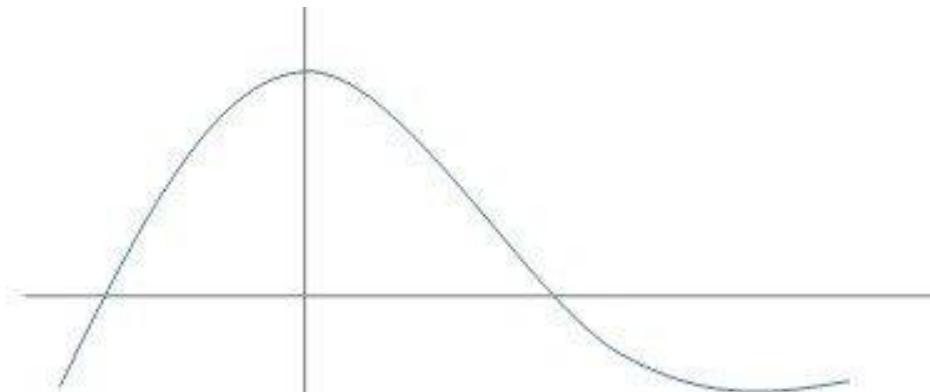
$$\text{Adım Büyüklüğü} = \frac{\text{Sinyalin Maksimum Genlik Değeri}}{2^{\text{ADC Bit Sayısı}}}$$

STM32F4 ADC Birimi

- 3 Adet ADC Birimi
- 36 MHz
- 6, 8, 10, 12 bit
- 0 – 3.6V
- 24 Kanal



STM32F4 ADC Çevrim Modları



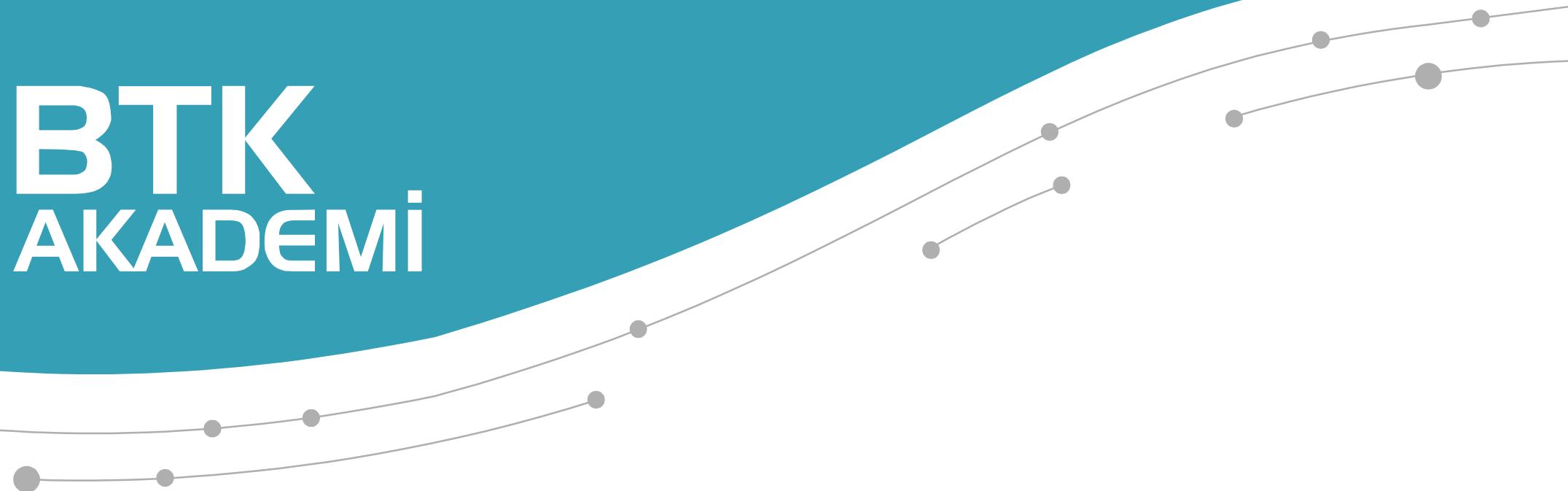
- **Tek Çevrim Modu**
- **Devamlı Çevrim Modu**
- **Tarama Modu**
- **Süreksiz Mod**

ADC Hassasiyeti

- Hassasiyet = $3 / (2^8 - 1) = 3 / 255 = 0,0117647058823529 \text{ V}$
- Hassasiyet = $3 / (2^{12} - 1) = 3 / 4095 = 0,0007326007326007326 \text{ V}$



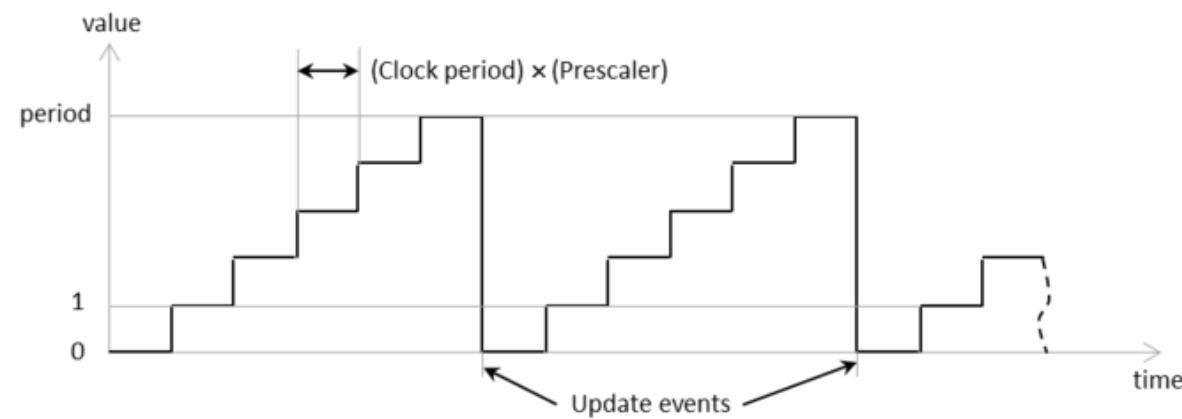
BTK
AKADEMİ



TIMER
ZAMANLAYICI

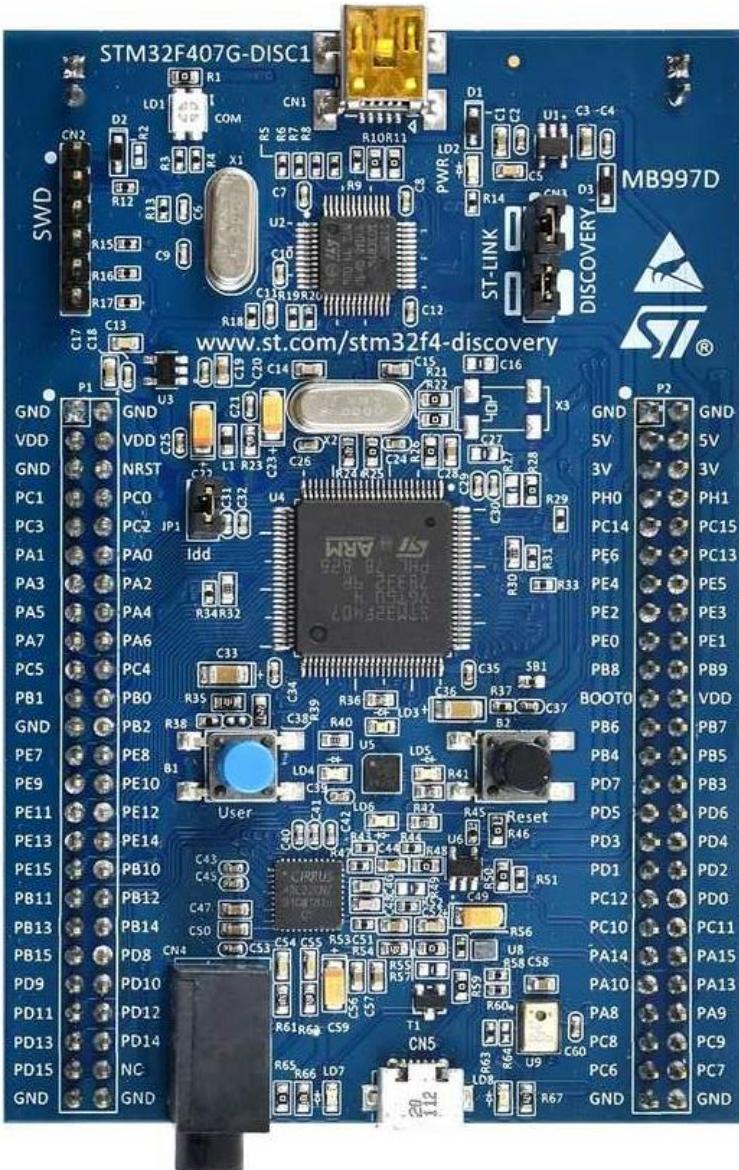
Timer – Zamanlayıcı

- Zamanlama



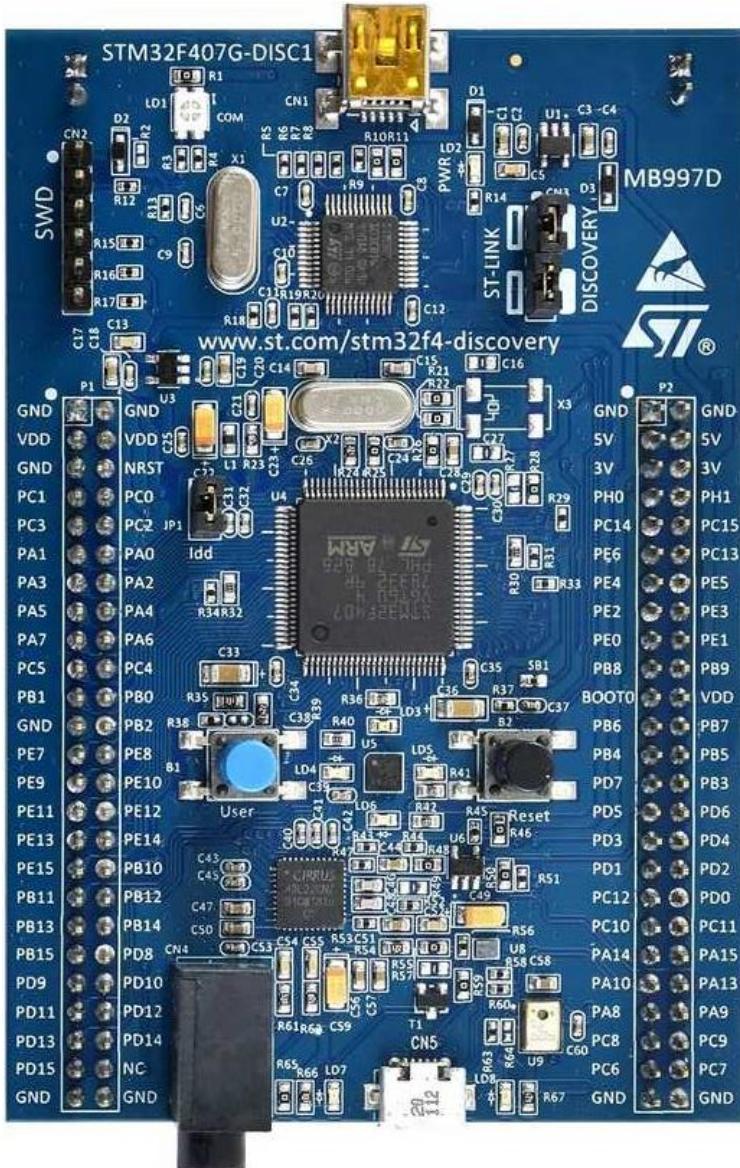
- Frekans bağımlı
- Gecikme ve Periyodik kesme üretme,
periyodik bir sinyalin frekansını ölçme, farklı
ünite tetikleme, pwm kontrolü

STM32F4 Timer Özellikleri



- 3 Adet Zamanlayıcı Türü
 - 1- Basic
 - 2- General Purpose
 - 3- Advanced
- SysTick
- 17 Adet Zamanlayıcı kaynağı
- Çift yönlü sayma

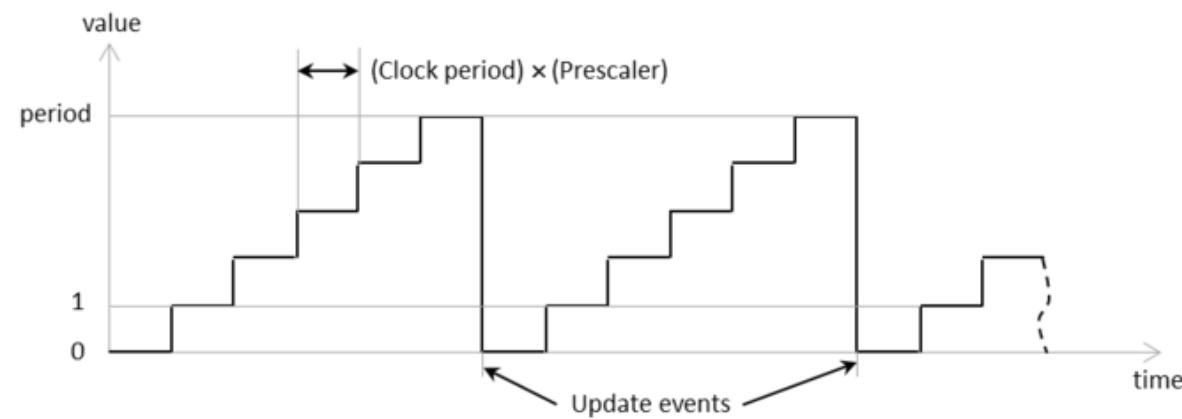
STM32F4 Timer Özellikleri



Timer	Özellik
TIM1 ve TIM8	16 Bit Gelişmiş Timer
TIM3, TIM4, TIM9, TIM10 TIM11, TIM12, TIM13, TIM14	16 Bit Genel Amaçlı Timer
TIM2 ve TIM5	32 Bit Genel Amaçlı Timer
TIM6 ve TIM7	16 Bit Basit Timer

Timer – Zamanlayıcı

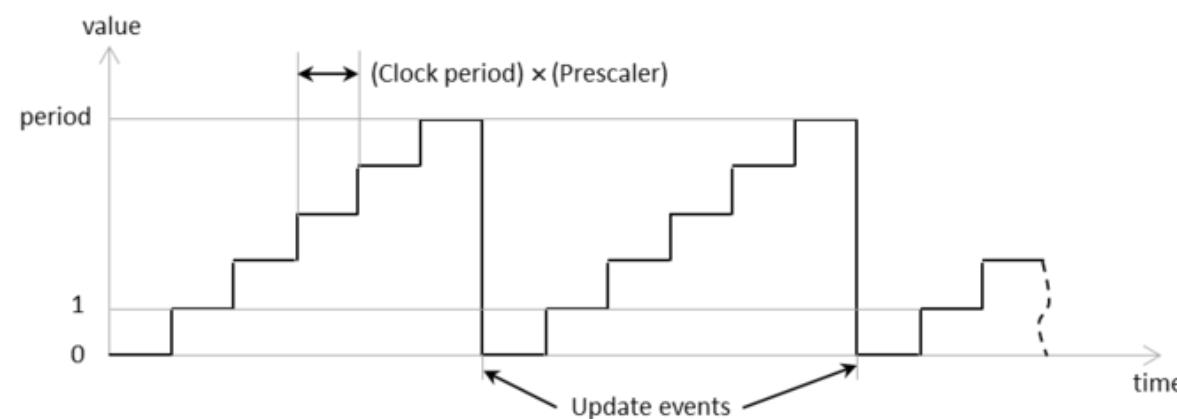
- Sayaç kullanır



- Frekans
- Sayaç uzunluğu, sayılacak maksimum değer (timer resolution)
- Frekans = 2 MHz ise;
 - $1 / (2 \times 10^6)$ saniye de değişir.

Timer – Zamanlayıcı

- Frekans = 2 MHz ise;
 - $1 / (2 \times 10^6)$ saniye de değişir.
- 30 milisaniye de bu değer;
 - $= (30 \times 10^{-3}) / (1 / (2 \times 10^6)) = 6000$



Timer – Zamanlayıcı Kurulumu



- Veri yolu belirle (Frekans)
- $CK_{CNT} = \frac{f_{CK_{PSC}}}{PSC[15:0] + 1}$

1 sn Timer – Zamanlayıcı Kurulumu



- $f_{CK_{PSC}} = 72 \text{ MHz}$

- $CK_{CNT} = \frac{f_{CK_{PSC}}}{PSC[15:0] + 1}$
 $= \frac{72\ 000\ 000}{35999 + 1} = 2000 \text{ Hz}$

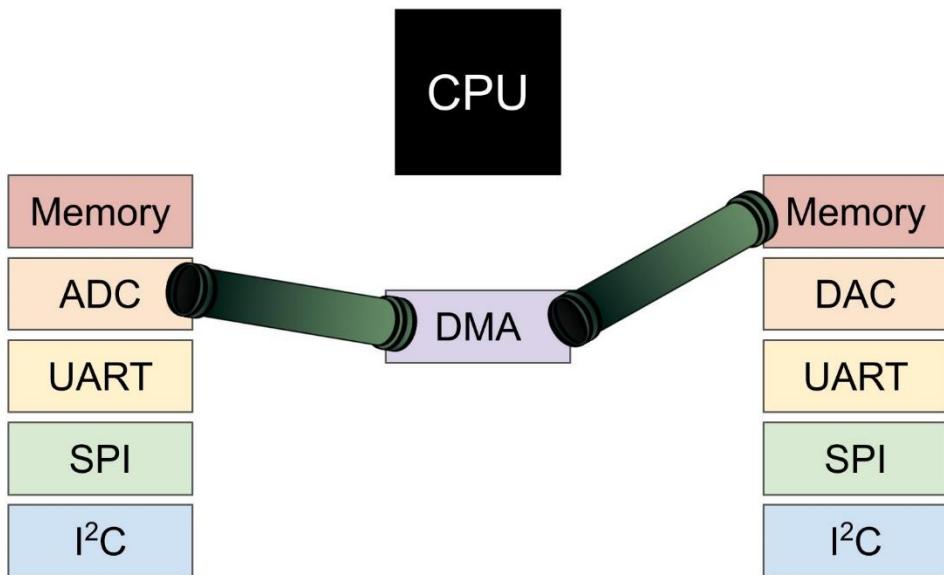
$$T = \frac{1}{F} = 0,0005 \text{ saniye}$$



BTK
AKADEMİ

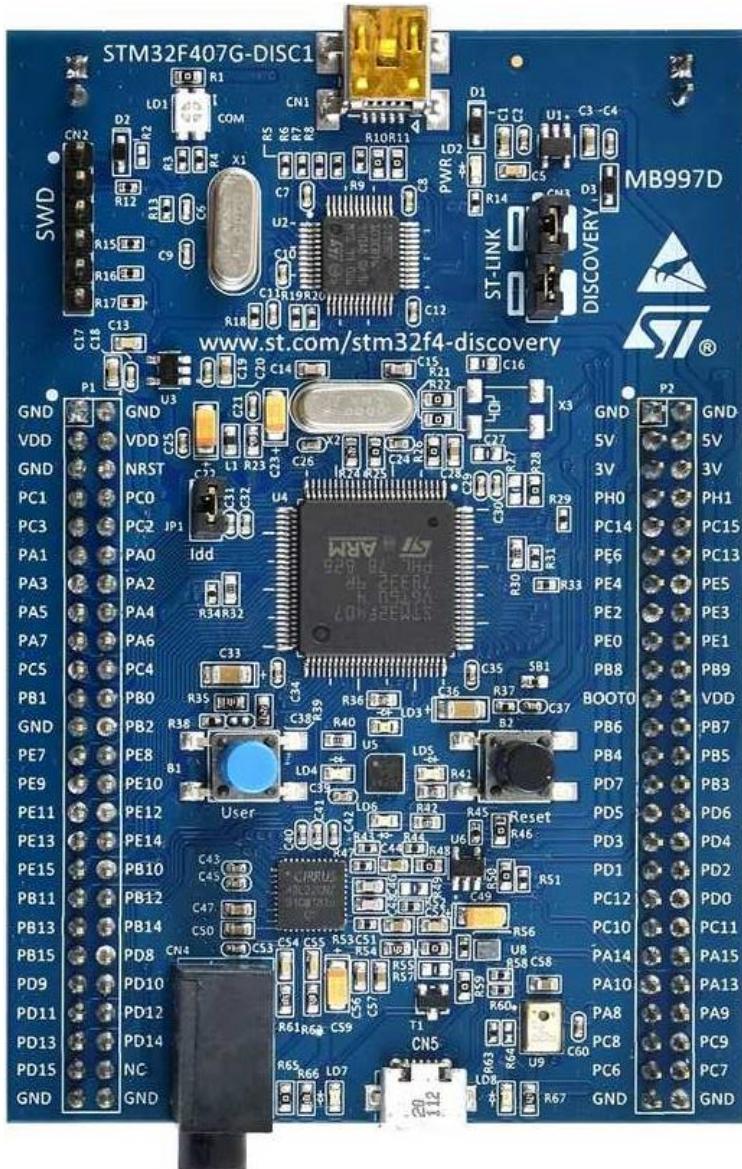
DMA: Direct Memory Access Doğrudan Bellek Erişimi Kontrolcüsü

DMA – Direct Memory Access



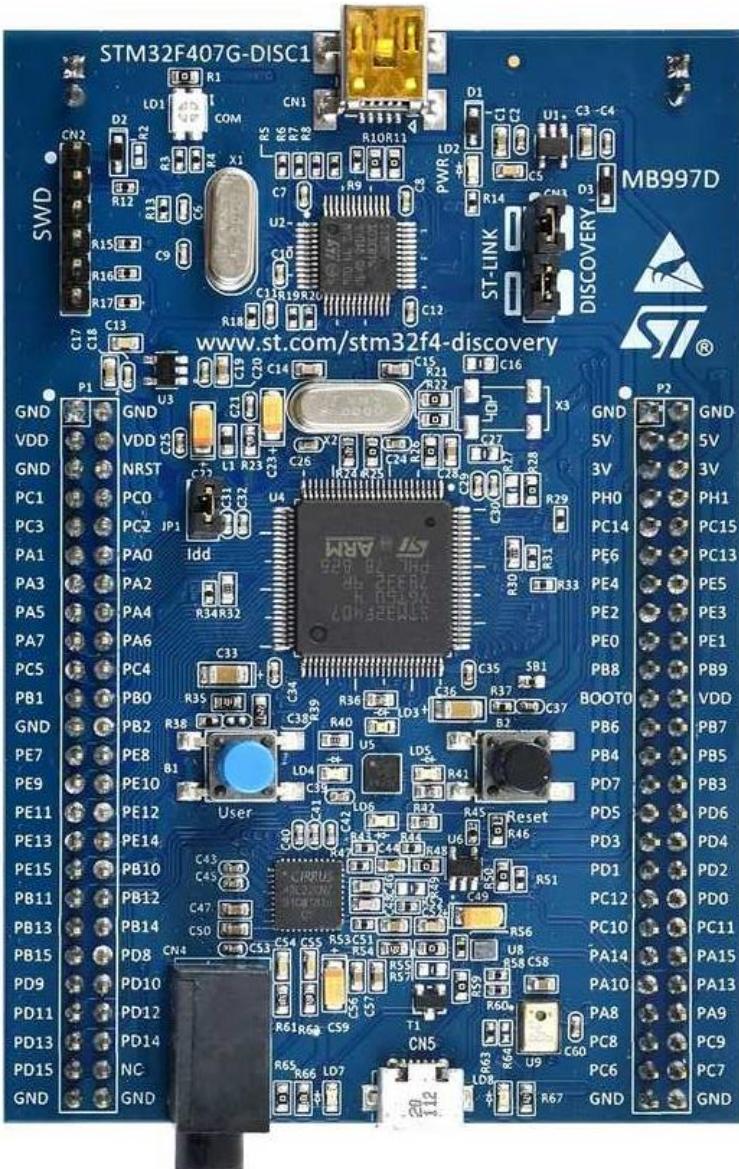
- Doğrudan Bellek Erişimi Kontrolcüsü
- Yüksek hızlı veri transferi
- Farklı yönlerde veri aktarımı
 - Bellekten belleğe
 - Çevre biriminden belleğe
 - Bellekten çevre birimine

STM32F4 DMA Özellikleri



- 2 Adet DMA bulunur.
 - 1- DMA1
 - 2- DMA2
- Her DMA da 8, toplam 16 akış (stream)
- Veri Aktarımı: Doğrudan yada FIFO
- Programlanabilir öncelik

STM32F4 DMA Özellikleri



- 1 – 65536 veri transferi
- İki farklı çalışma modu:
 - Burst Mode
 - Circular Mode

DMA1 Request Mapping

Table 43. DMA1 request mapping

Peripheral requests	Stream 0	Stream 1	Stream 2	Stream 3	Stream 4	Stream 5	Stream 6	Stream 7
Channel 0	SPI3_RX	-	SPI3_RX	SPI2_RX	SPI2_TX	SPI3_TX	-	SPI3_TX
Channel 1	I2C1_RX	-	TIM7_UP	-	TIM7_UP	I2C1_RX	I2C1_TX	I2C1_TX
Channel 2	TIM4_CH1	-	I2S3_EXT_RX	TIM4_CH2	I2S2_EXT_TX	I2S3_EXT_TX	TIM4_UP	TIM4_CH3
Channel 3	I2S3_EXT_RX	TIM2_UP TIM2_CH3	I2C3_RX	I2S2_EXT_RX	I2C3_TX	TIM2_CH1	TIM2_CH2 TIM2_CH4	TIM2_UP TIM2_CH4
Channel 4	UART5_RX	USART3_RX	UART4_RX	USART3_TX	UART4_TX	USART2_RX	USART2_TX	UART5_TX
Channel 5	UART8_TX ⁽¹⁾	UART7_TX ⁽¹⁾	TIM3_CH4 TIM3_UP	UART7_RX ⁽¹⁾	TIM3_CH1 TIM3_TRIG	TIM3_CH2	UART8_RX ⁽¹⁾	TIM3_CH3
Channel 6	TIM5_CH3 TIM5_UP	TIM5_CH4 TIM5_TRIG	TIM5_CH1	TIM5_CH4 TIM5_TRIG	TIM5_CH2	-	TIM5_UP	-
Channel 7	-	TIM6_UP	I2C2_RX	I2C2_RX	USART3_TX	DAC1	DAC2	I2C2_TX

DMA2 Request Mapping

Table 44. DMA2 request mapping

Peripheral requests	Stream 0	Stream 1	Stream 2	Stream 3	Stream 4	Stream 5	Stream 6	Stream 7
Channel 0	ADC1	-SAI1_A ⁽¹⁾	TIM8_CH1 TIM8_CH2 TIM8_CH3	-SAI1_A ⁽¹⁾	ADC1	SAI1_B ⁽¹⁾	TIM1_CH1 TIM1_CH2 TIM1_CH3	-
Channel 1	-	DCMI	ADC2	ADC2	SAI1_B ⁽¹⁾	-SPI6_TX ⁽¹⁾	SPI6_RX ⁽¹⁾	DCMI
Channel 2	ADC3	ADC3	-	SPI5_RX ⁽¹⁾	-SPI5_TX ⁽¹⁾	CRYP_OUT	CRYP_IN	HASH_IN
Channel 3	SPI1_RX	-	SPI1_RX	SPI1_TX	-	SPI1_TX	-	-
Channel 4	SPI4_RX ⁽¹⁾	-SPI4_TX ⁽¹⁾	USART1_RX	SDIO	-	USART1_RX	SDIO	USART1_TX
Channel 5	-	USART6_RX	USART6_RX	SPI4_RX ⁽¹⁾	-SPI4_TX ⁽¹⁾	-	USART6_TX	USART6_TX
Channel 6	TIM1_TRIG	TIM1_CH1	TIM1_CH2	TIM1_CH1	TIM1_CH4 TIM1_TRIG TIM1_COM	TIM1_UP	TIM1_CH3	-
Channel 7	-	TIM8_UP	TIM8_CH1	TIM8_CH2	TIM8_CH3	SPI5_RX ⁽¹⁾	SPI5_TX ⁽¹⁾	TIM8_CH4 TIM8_TRIG TIM8_COM

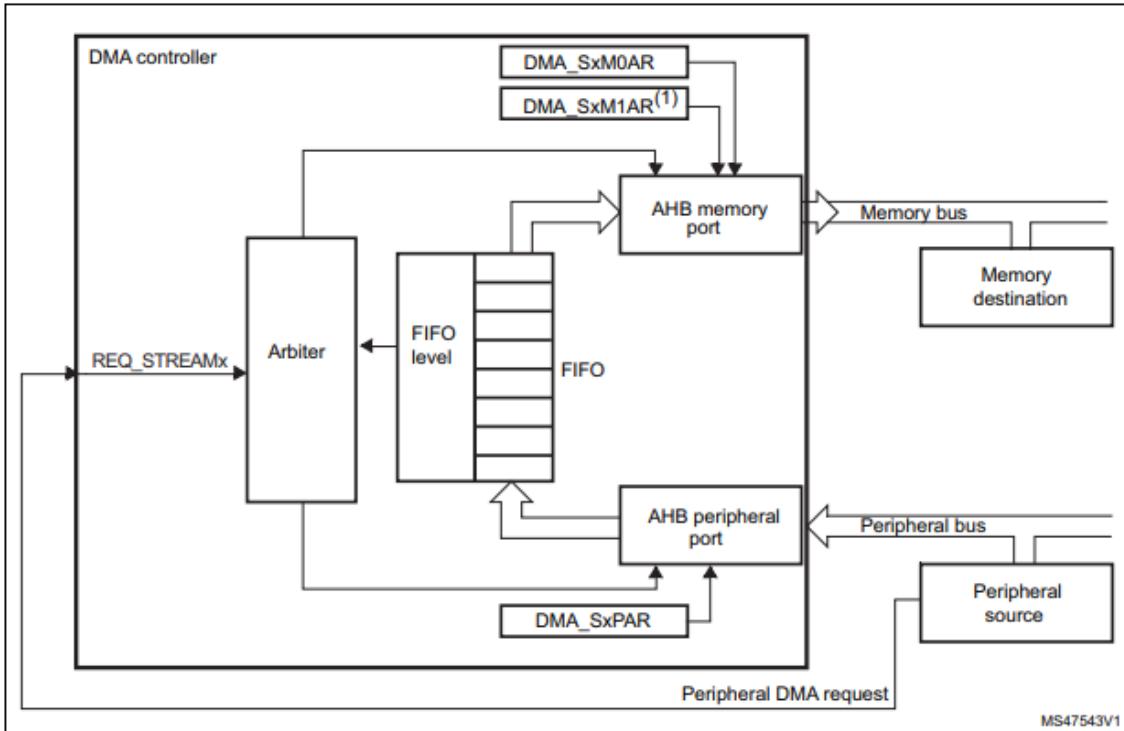


BTK
AKADEMİ

DMA Akış ve Çalışma Modları

Çevresel Birimden Hafızaya

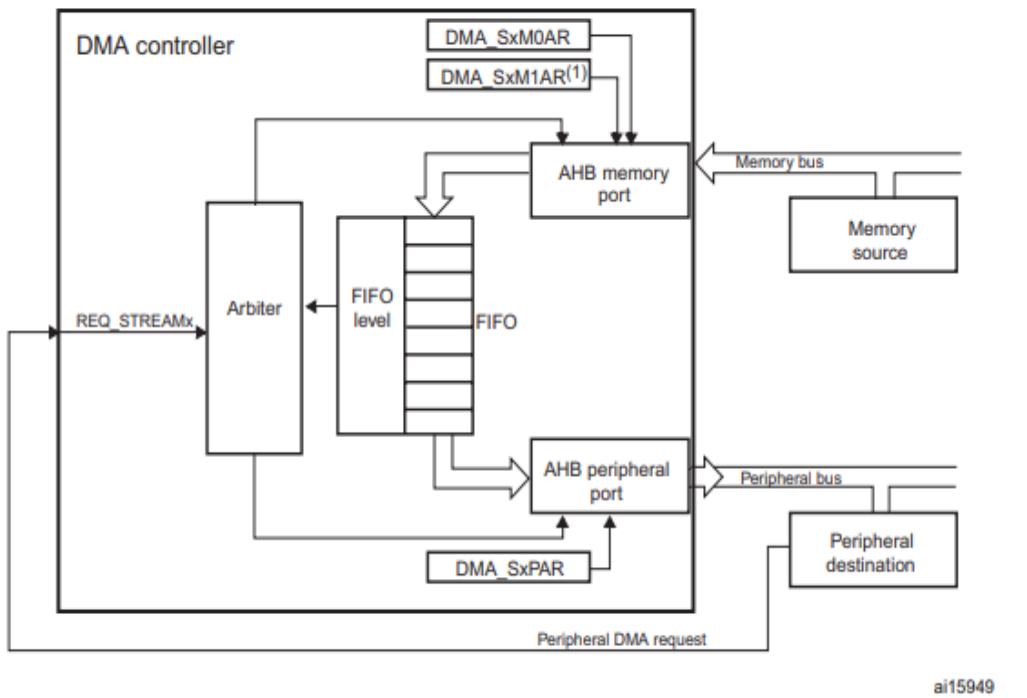
Figure 36. Peripheral-to-memory mode



- Peripheral To Memory
- Sık veri üretimi olan noktalarda kullanılır
- Veri transferi Doğrudan veya FIFO modu ile

Hafızadan Çevresel Birime

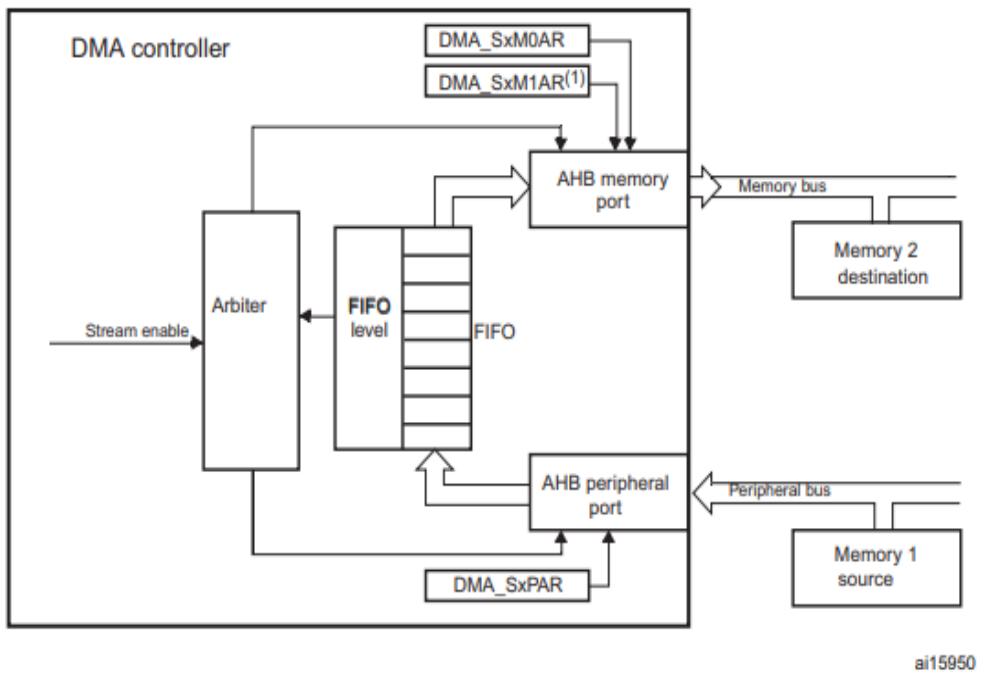
Figure 37. Memory-to-peripheral mode



- **Memory To Peripheral**
- **Bellekten Çevre birime veri aktarımı**
- **Veri transferi Doğrudan veya FIFO modu ile**

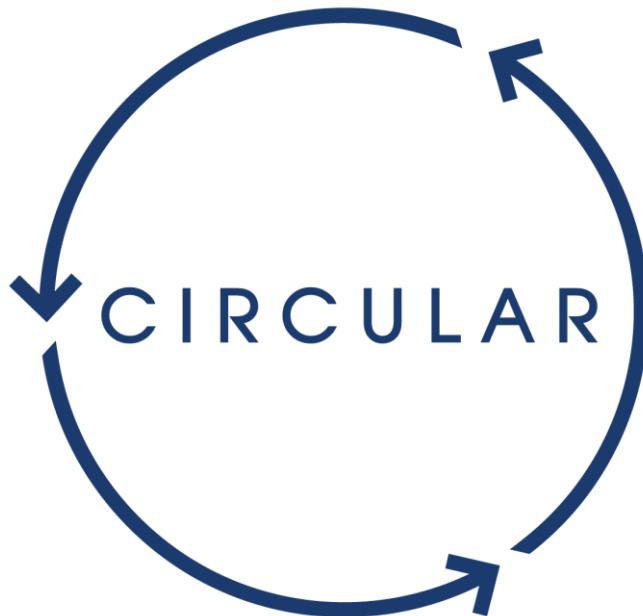
Hafızadan Hafıza Birime

Figure 38. Memory-to-memory mode



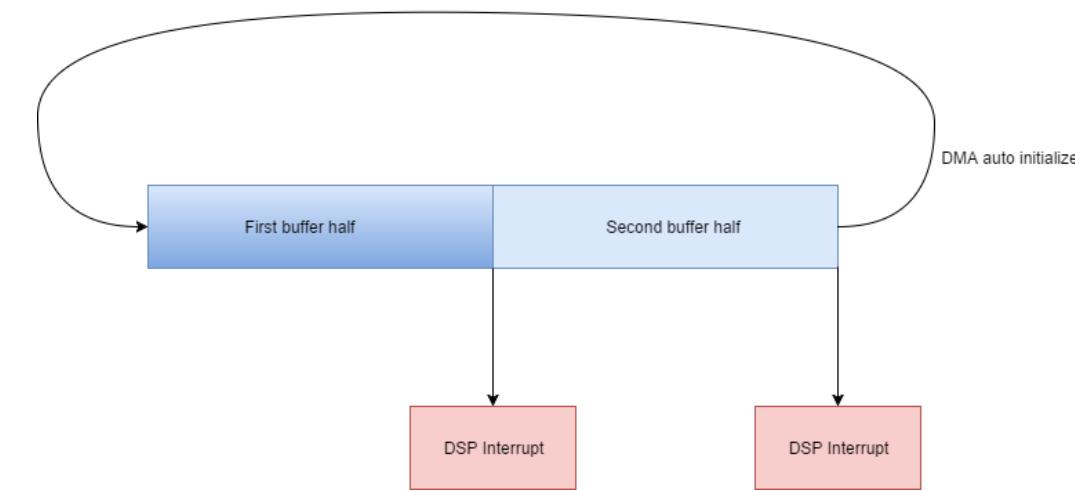
- **Memory To Memory**
- **Bellekten Bellek birime veri aktarımı**
- **Dairesel ve Doğrudan modlara izin verilmez.**
- **Yalnızca DMA2**

DMA Dairesel Mod (Circular Mode)



- Sürekli Veri Transferi
- DMA tekrar tekrar tetikleme
- Memory To Peripheral ve Peripheral To Memory modlarında çalışır.

DMA Çift Tampon Modu



- Double Buffer Mode
- Normal çalışma modu gibi çalışır.
- Peripheral To Memory ve Memory To Peripheral

DMA Interruptları



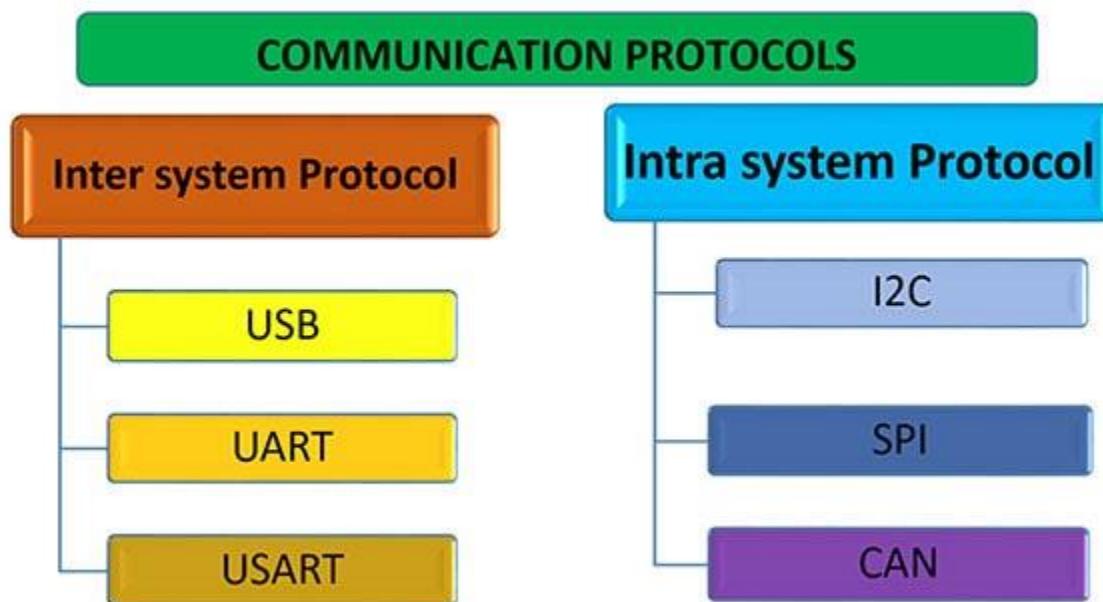
- Yarı Transfer Tamamlandı (Half Transfer)
- Transfer Tamamlandı (Transfer Complete)
- Hata Interrupt Olayı (Transfer Error)
- FIFO Taşma Geride Kalma (FIFO Overrun/Underrun)
- Doğrudan Mod Hata Interrupt (Direct Mode Error)



BTK
AKADEMİ

Haberleşme Protokollerı

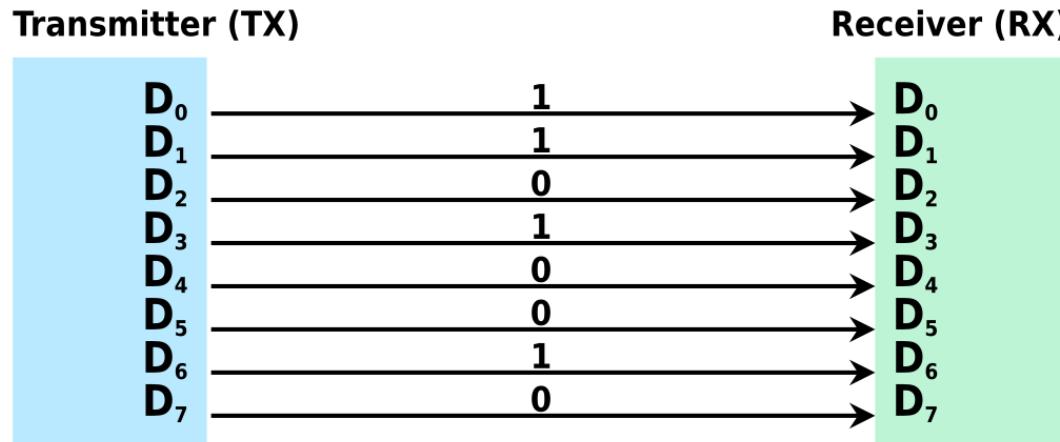
Haberleşme Protokollerı ve Önemi



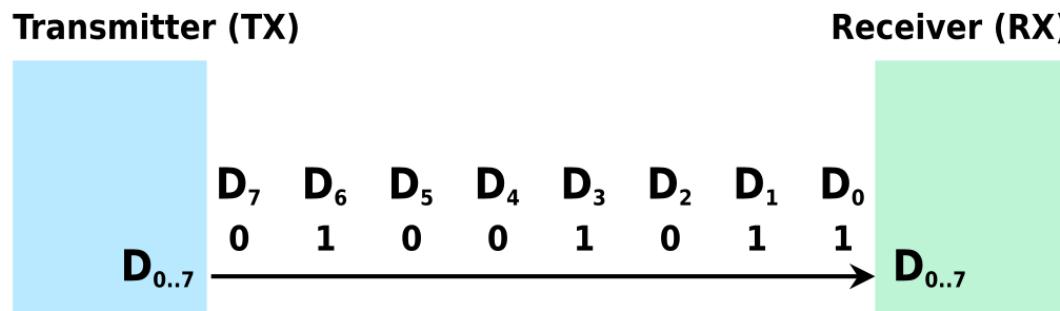
- Çevresel cihazlar ile iletişim kurarak veri alışverişi
- Sensörler, aktüatörler, bellekler ile verimli ve güvenilir iletişim
- Veri transferinin doğru ve güvenliğini artırır

Haberleşme Protokolleri ve Önemi

Parallel interface example



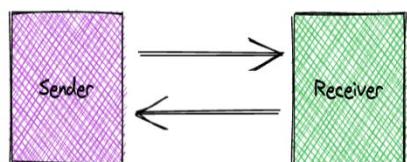
Serial interface example



- Seri yada Paralel
- Paralel İletişim: Birden fazla bilgi aynı anda aktarılır
- Seri İletişim: Bilgiler sırayla bir hattan gönderilir

Senkron ve Asenkron Haberleşme

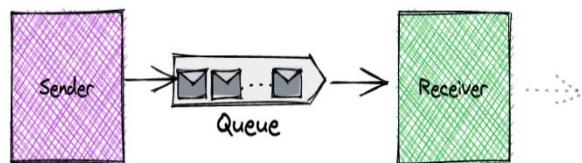
Synchronous



Request-response model

Send a request and wait for some response
Example: API requests

Asynchronous



Fire and forget model

Send message/event and forget
Example: Event Driven Architecture

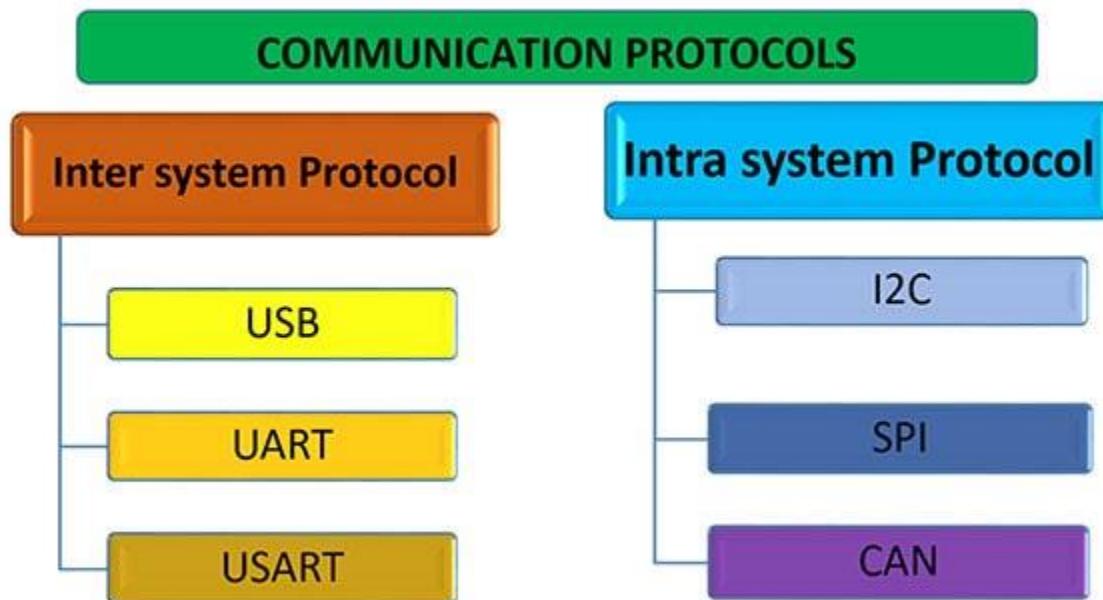
- Senkron Haberleşme

- Taraflar arası ortak saat kaynağı
- Yüksek veri transfer hızı
- Minimal zamanlama sorunları

- Asenkron Haberleşme

- Taraflar arası ortak saat kaynağı yok
- Veri başı ve sonu özel bilgilerle senkronize olunur

Haberleşme Protokollerini Kullanımı



- Endüstriyel Otomasyon: CAN, Modbus
- Tüketici Elektroniki: I2C, SPI, UART...
- Otomotiv Elektroniki: CAN BUS, LIN BUS...
- IoT Elektroniki: Wi-Fi, BLE, Zigbee...

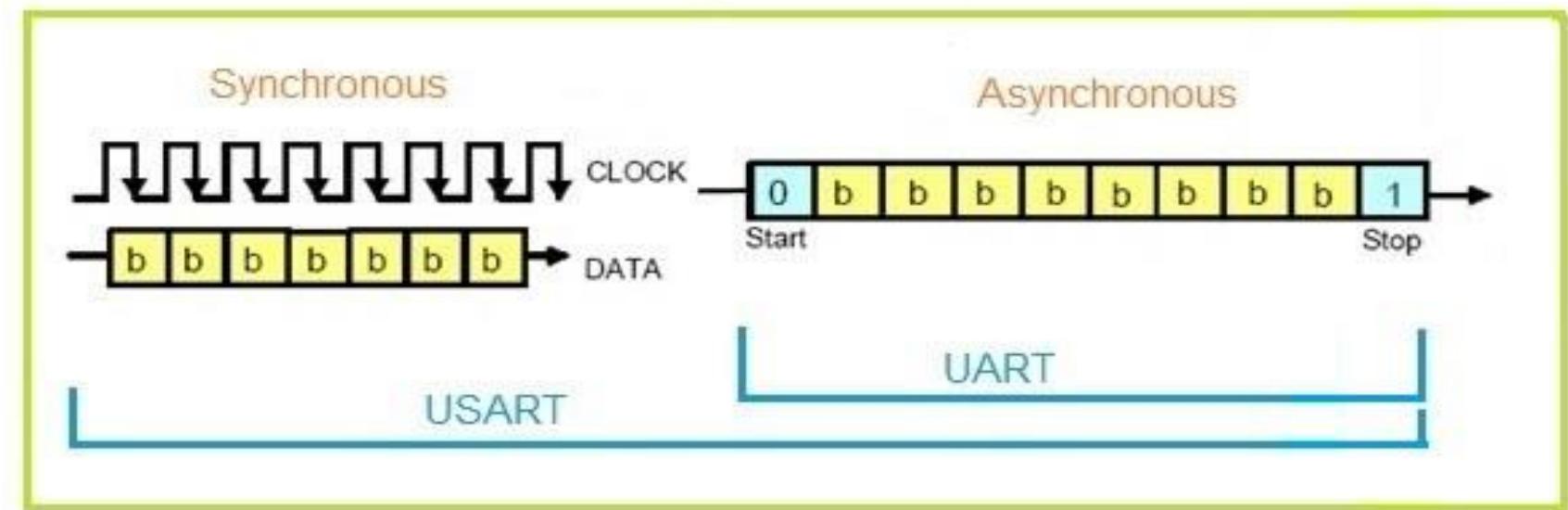
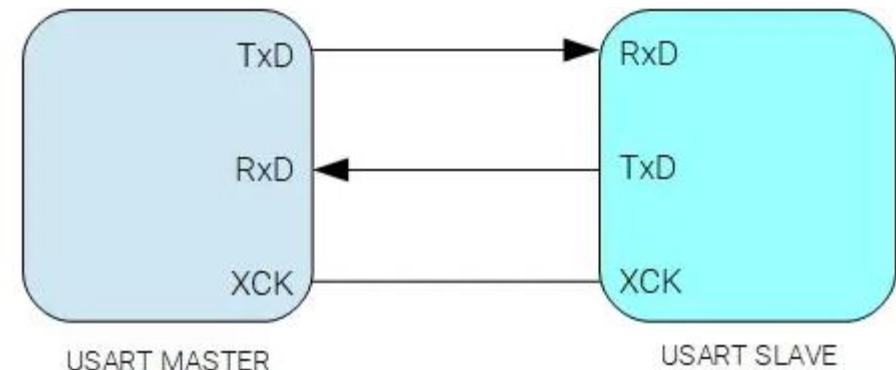


USART- Universal Synchronous and Asynchronous Receiver Transmitter

Evrensel Senkron ve Asenkron Alıcı Verici

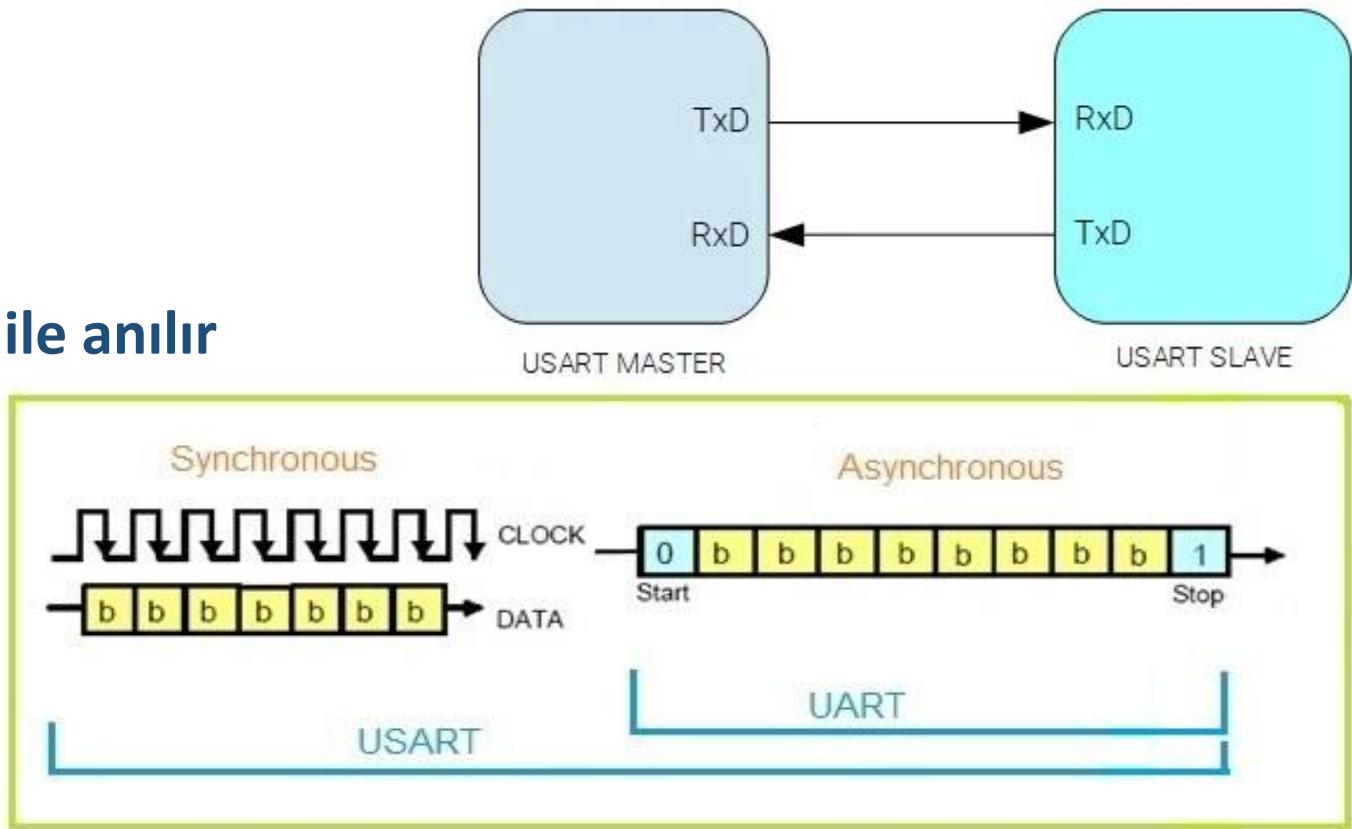
USART

- Seri İletişim Protokolü
- Veriler Senkron yada Asenkron iletilir



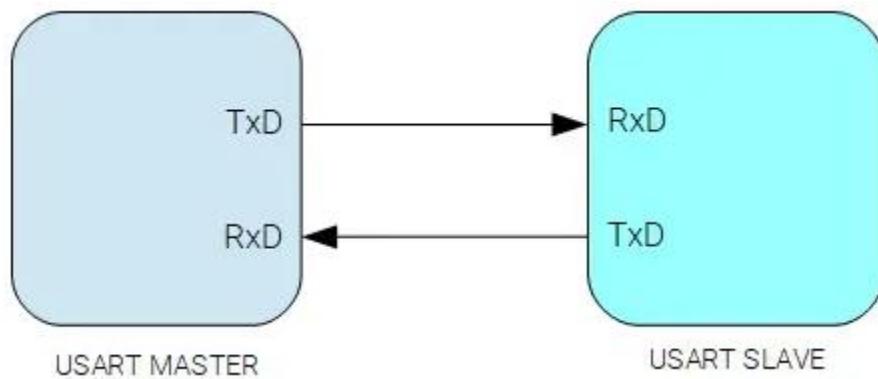
UART

- Asenkron mod
- Başlangıç ve Bitiş bilgisi içerir
- Veri hızı «bps – bit per second» ile anılır
 - 4800
 - 9600
 - 19200
 - 115200



UART – USART

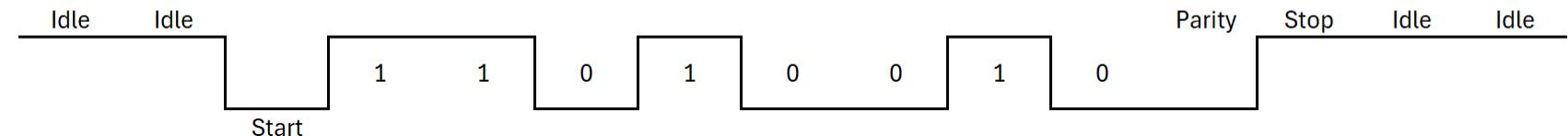
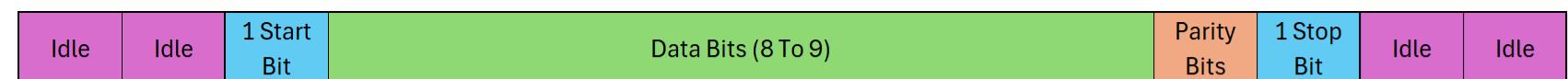
- Veri Gönderme – Transmit Tx



- Veri Alma – Receive Rx

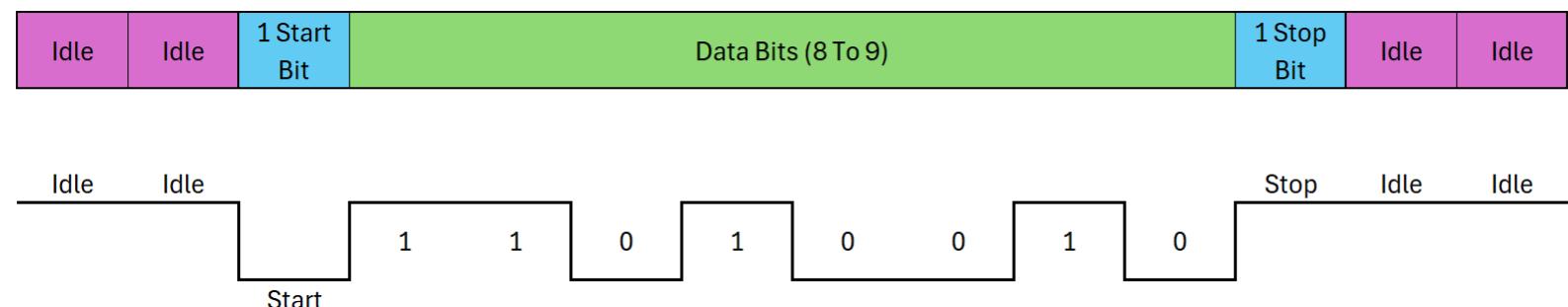
UART Veri Formatı

- Gelen veri ve giden veri için aynı frame
- Baudrate: Bir saniyede gönderilecek bit sayısı
- UART Frame :
 - -> 1 Bit Start Bit
 - -> 8 Or 9 Bit Data Bit
 - -> 1 Bit Parity Bit
 - -> 1 Bit Stop Bit



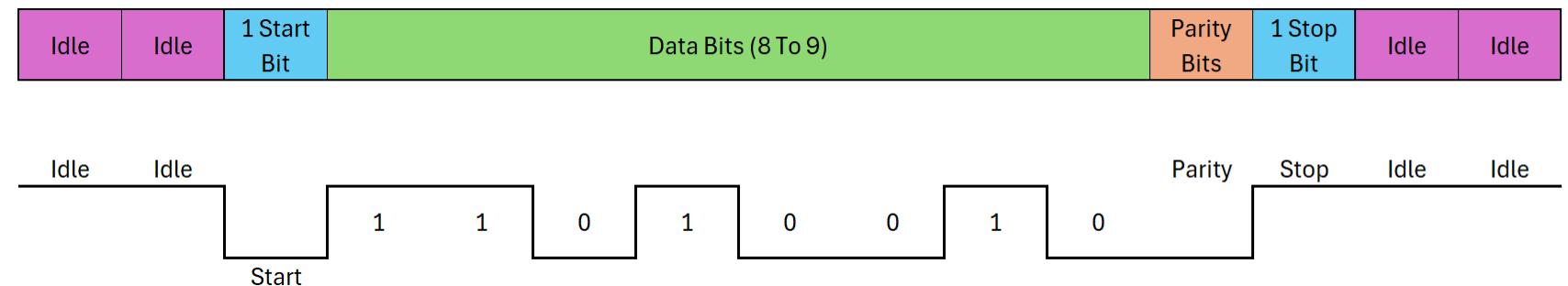
UART Veri Formatı

- **Gelen veri ve giden veri için aynı frame**
- **Baudrate: Bir saniyede gönderilecek bit sayısı**
- **UART Frame :**
 - -> **1 Bit Start Bit**
 - -> **8 Or 9 Bit Data Bit**
 - -> **1 Bit Stop Bit**



Parity – Eşlik Kontrolü

- Alınan bir veri çerçevesinin doğruluk kontrolü
- Parity Bitler:
 - - Odd (Tek)
 - - Even (Çift)

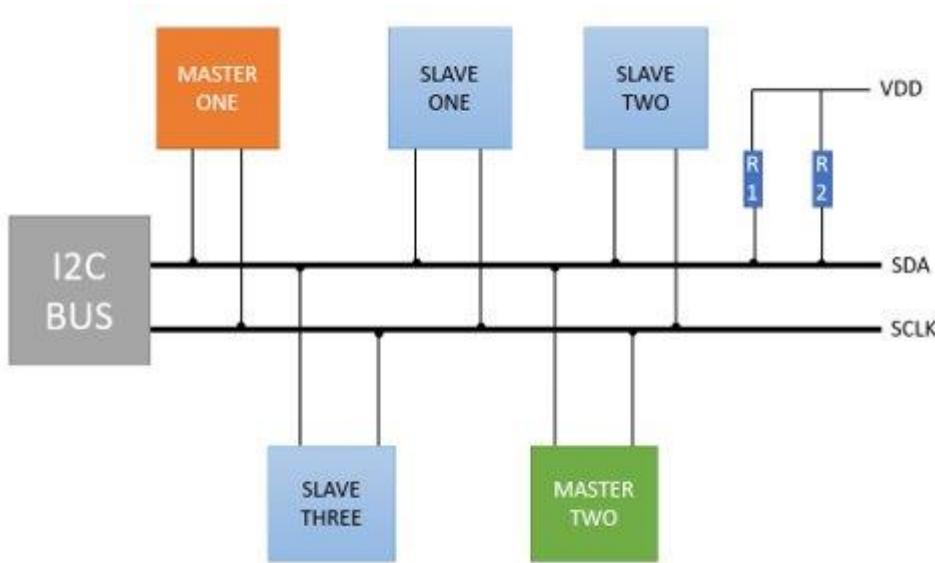




I2C – Inter Integrated Circuit

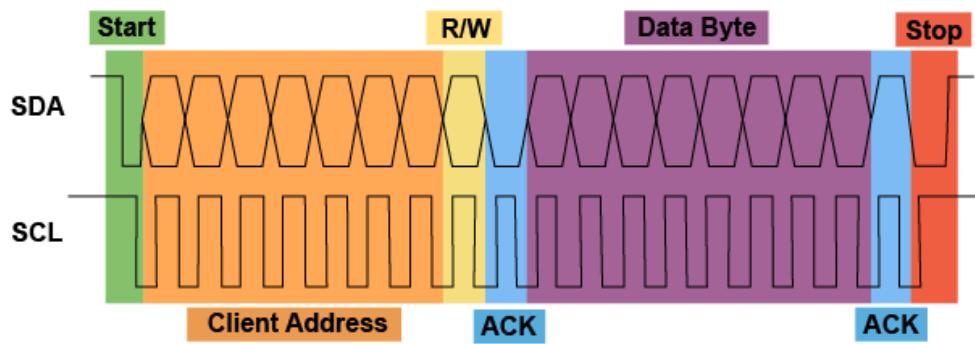
**Entegre Devreler Arası Haberleşme
Protokolü**

I2C – Inter Integrated Circuit



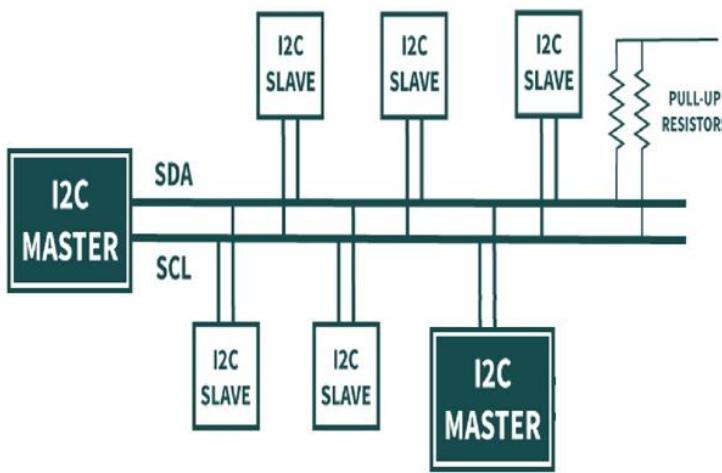
- Philips – 1982
- iki hat
 - -> SCL
 - -> SDA
- Master – Slave

I2C – Inter Integrated Circuit Nasıl Çalışır?



- İletişim Zamanlama Diyagramı
 - Start
 - Adres Bilgisi
 - - 7 Bit
 - - 10 Bit
 - - 16 Bit
 - Okuma / Yazma
 - Slave Acknowledge (Kabul) Gönderir
 - Veri Transferi
 - Stop

I2C – Inter Integrated Circuit Nasıl Çalışır?



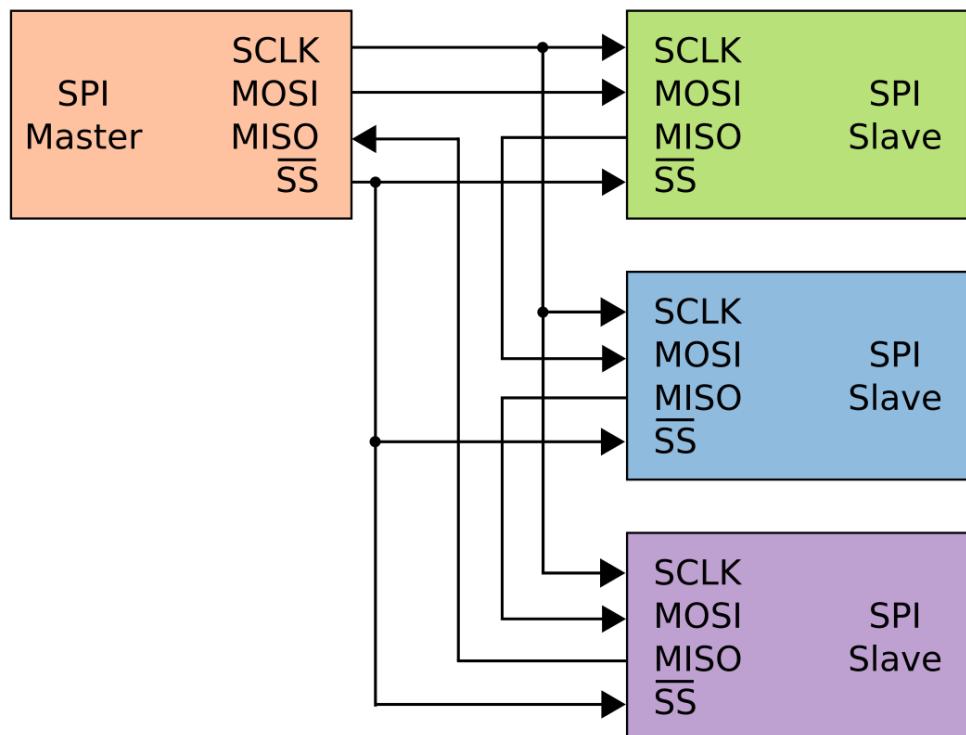
- Multimaster
- Half Duplex (Tek Yönlü Veri Gönderimi)
- Adres ile seçim
- 3 Adet I2C ; 100 kbps, 400 kbps



SPI – Serial Peripheral Interface

Seri Çevresel Arayüz Haberleşmesi

SPI – Serial Peripheral Interface

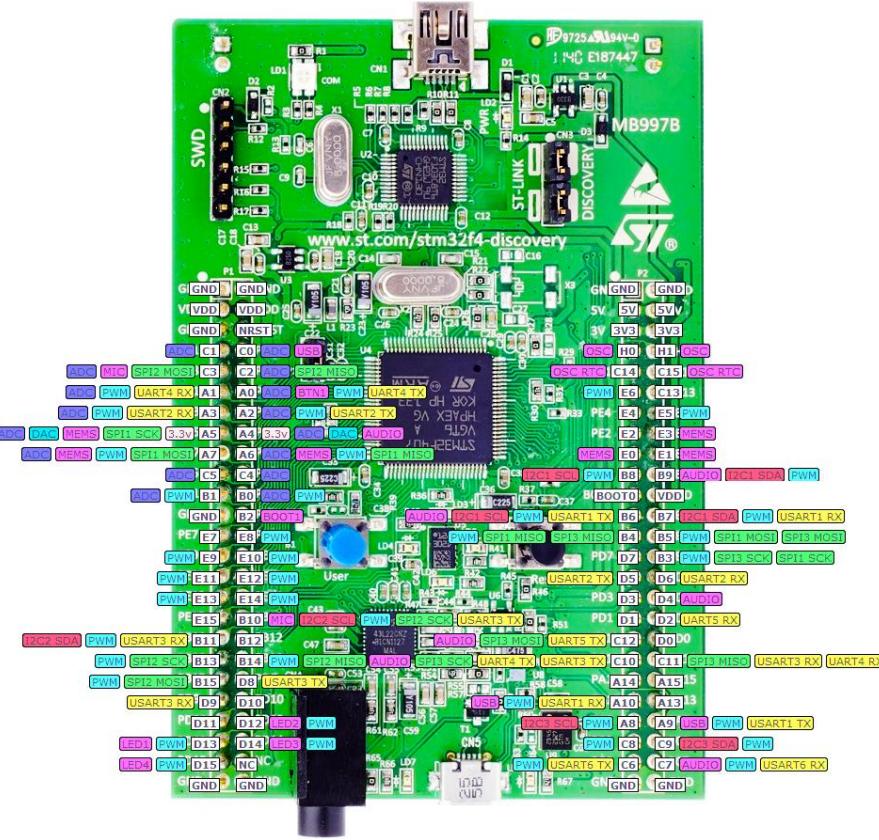


- **Motorola**
- **Master – Slave**
- **Master : Mikrodenetleyici**
- **Slave : Miktedenetleyici**
 - Sensörler**
 - ADC**
 - SRAM**

STM32F4 SPI Özellikleri

P1

1 2
3 4
5 6
7 8
9 10
11 12
13 14
15 16
17 18
19 20
21 22
23 24
25 26
27 28
29 30
31 32
33 34
35 36
37 38
39 40
41 42
43 44
45 46
47 48
49 50

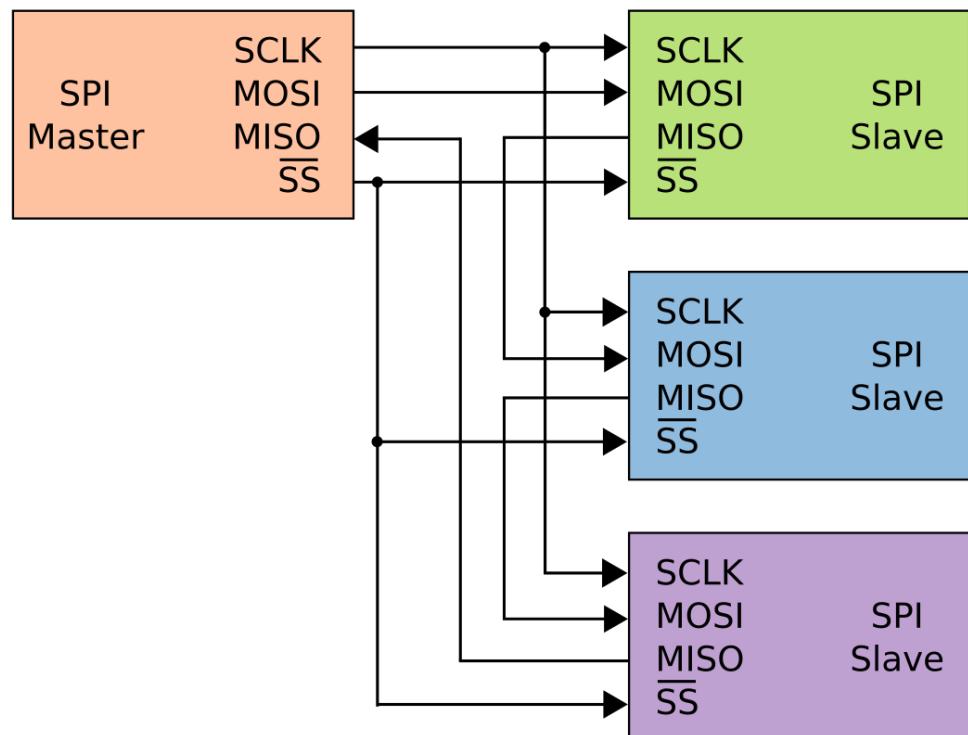


P2

1 2
3 4
5 6
7 8
9 10
11 12
13 14
15 16
17 18
19 20
21 22
23 24
25 26
27 28
29 30
31 32
33 34
35 36
37 38
39 40
41 42
43 44
45 46
47 48
49 50

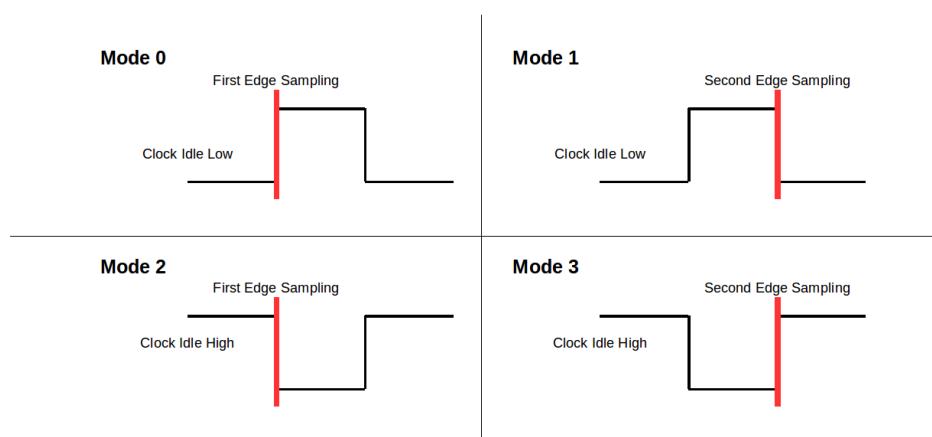
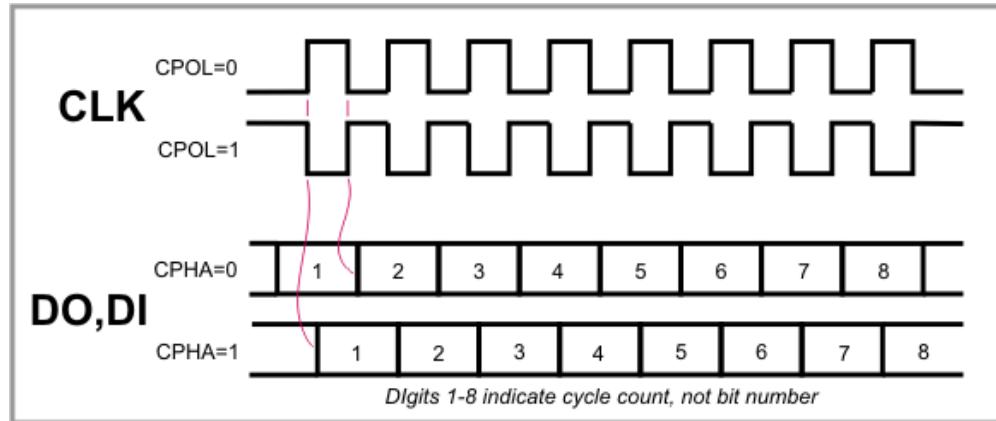
- 3 adet SPI
- Full Dublex | Half Dublex
- 8 Bit – 16 Bit Veri Transferi
- Master – Slave | Master için prascaler seçimi
- Ayarlanabilir Veri Sırası

SPI Pin ve Bağlantıları



- **SCLK : Serial CLock**
- **MOSI : Master Out Slave Input**
- **MISO: Master Input Slave Out**
- **NSS: Slave seçim (Yazılımsal Ya da
Donanımsal)**
- **ss | CS : Slave Select | Chip Select**

SPI – Saat Çevrimi Faz ve Polatiresi

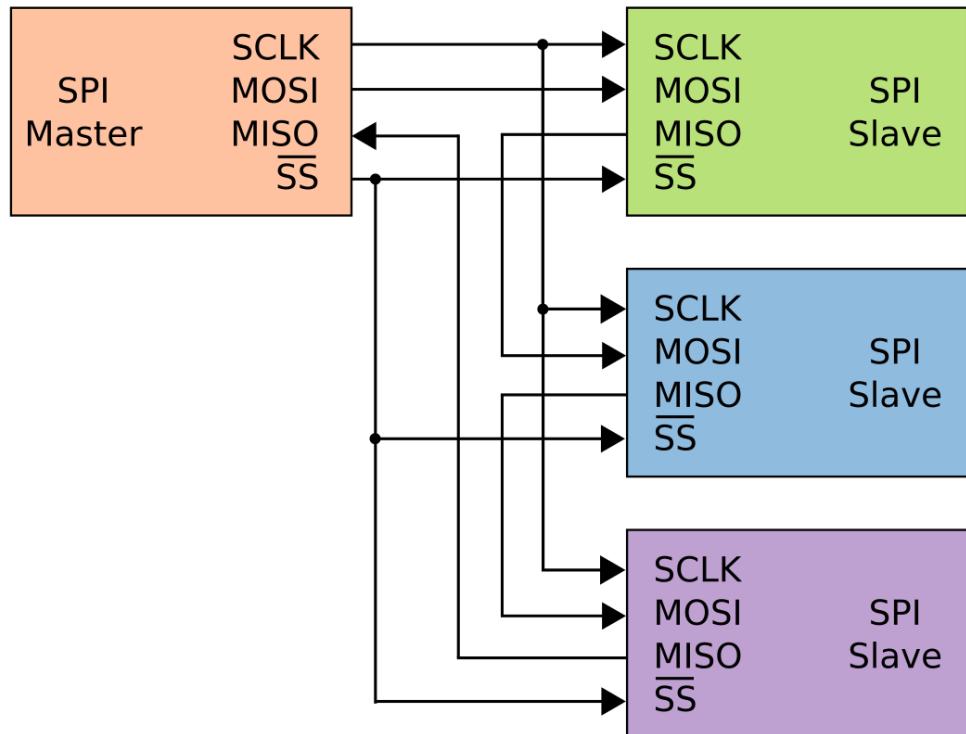


- **CPOL**
 - **CPOL = 0**
 - **CPOL = 1**

- **CPHA**
 - **CPHA = 0**
 - **CPHA = 1**

SPI mode	Clock polarity (CPOL)	Clock phase (CPHA)
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

SPI Çalışma Modları



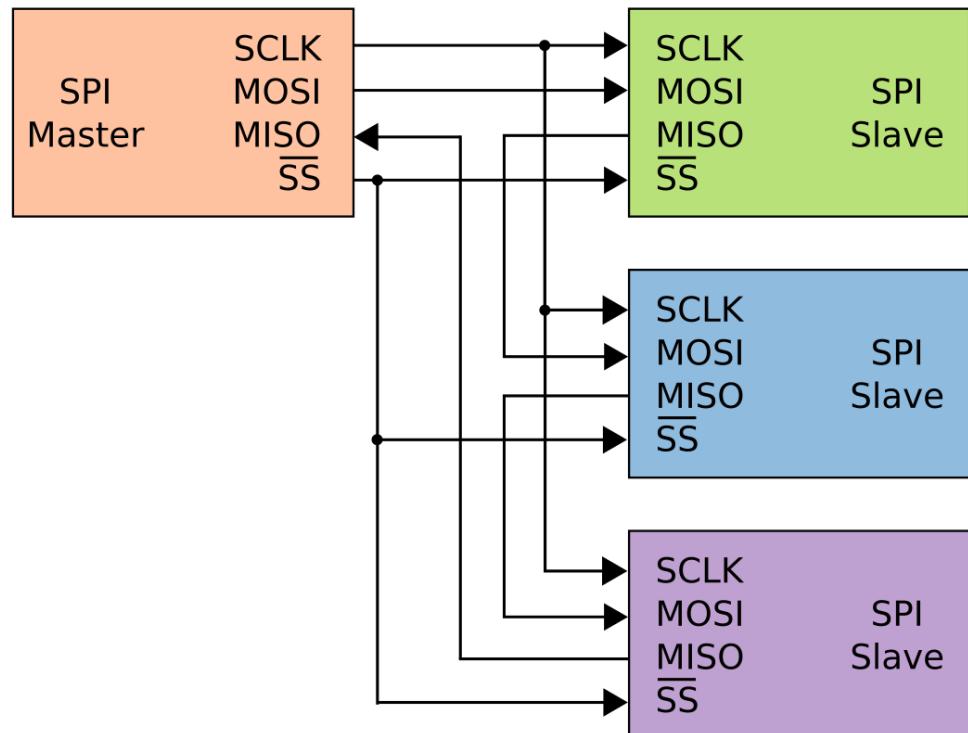
- Master Mod

- -> Clock sinyalinin kutup ve faz ayarı
- -> Veri çerçevesi ayarı
- -> İlk gönderilen veya alınan bit ayarı
- -> Slave cihaz kontrol için çıkış ayarı

- Slave Mod

- -> Clock sinyalinin kutup ve faz ayarı
- -> Veri çerçevesi ayarı
- -> İlk gönderilen veya alınan bit ayarı

SPI Haberleşme Modları



- Full – Dublex Mod
- Half – Dublex Unidirectional Mod
- Half – Dublex Bidirectional Mod