



TAŞKÖPRÜ
MESLEK
YÜKSEKOKULU

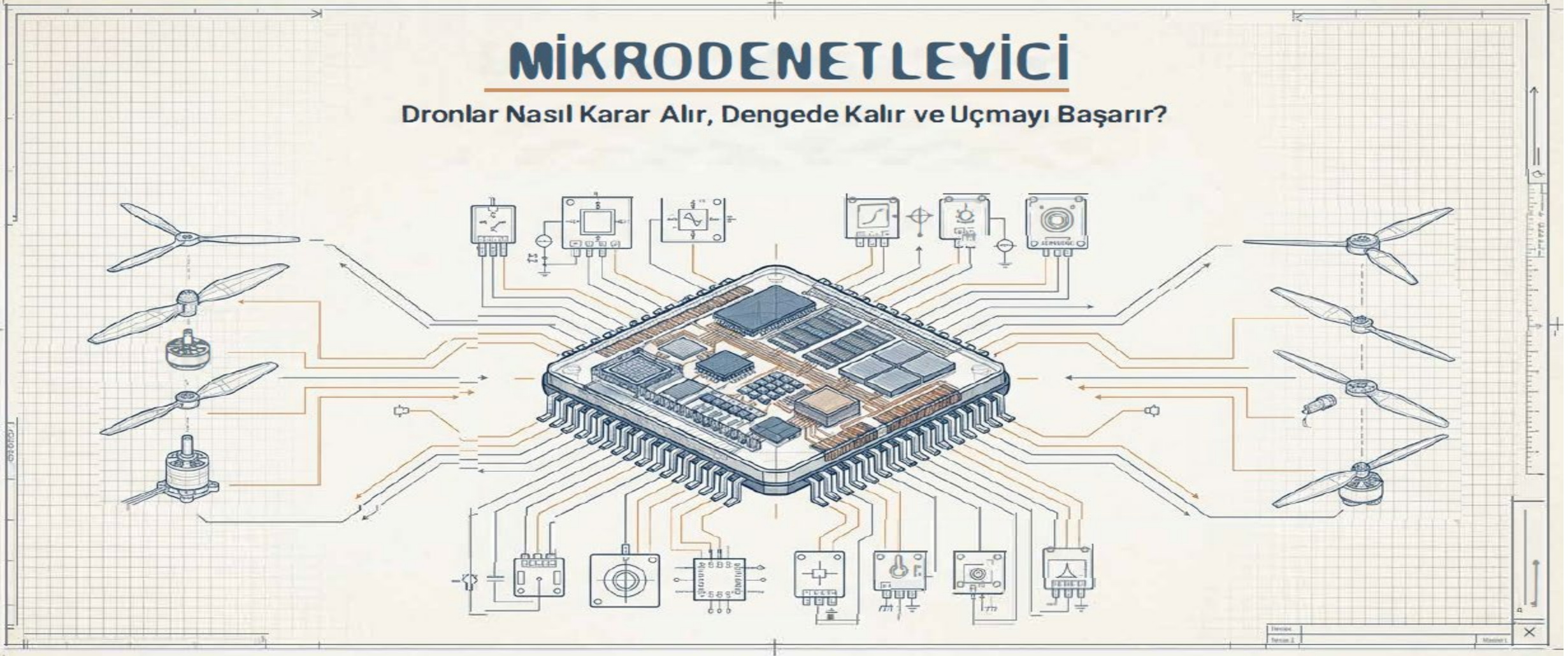
ELEKTRONİK VE OTOMASYON BÖLÜMÜ İNSANSIZ ARAÇ TEKNİKERLİĞİ

İAT102 İNSANSIZ ARAÇ SİSTEMLERİ TASARIMI

10. HAFTA/2 İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI

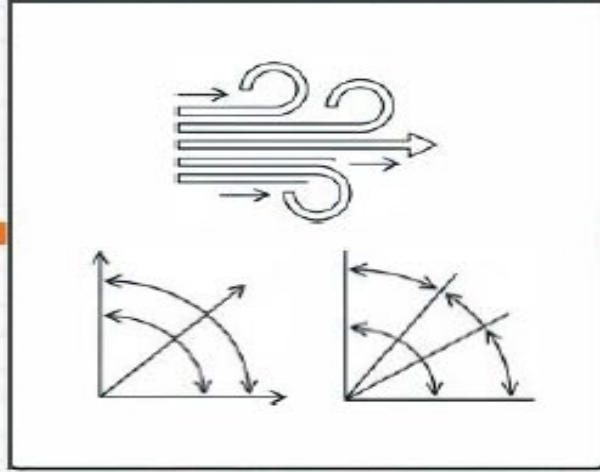
MİKRODENETLEYİCİ

Dronlar Nasıl Karar Alır, Dengede Kalır ve Uçmayı Başarır?



Mikrodenetleyici

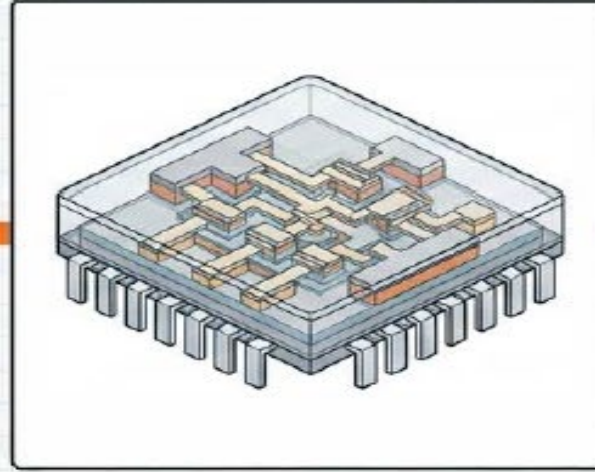
Mikrodenetleyici; tek bir metal oksit yarı iletken (MOS-MOSFET) tümleşik devre üzerine kurulmuş, dışarıdan gelen veriyi hafızasına alan, derleyen ve fiziksel çıktı üreten bir mini-bilgisayardır.



AL

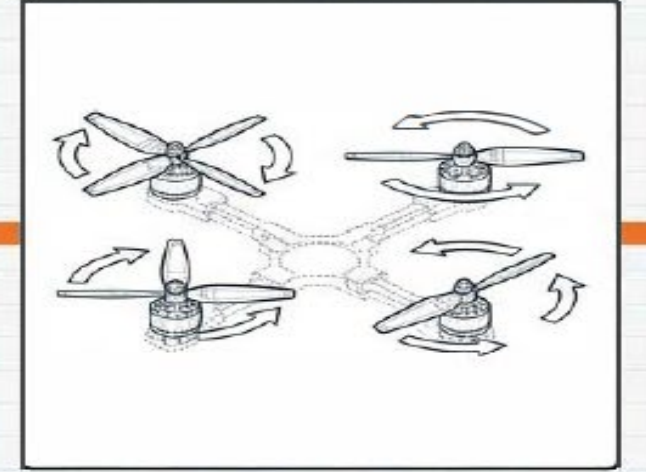
Sensörlerden gelen analog titreşimleri ve sinyalleri toplar.

Veri Akışı



İŞLE

Hafızasındaki uçuş algoritmalarına göre matematiksel işlemleri çalıştırır.



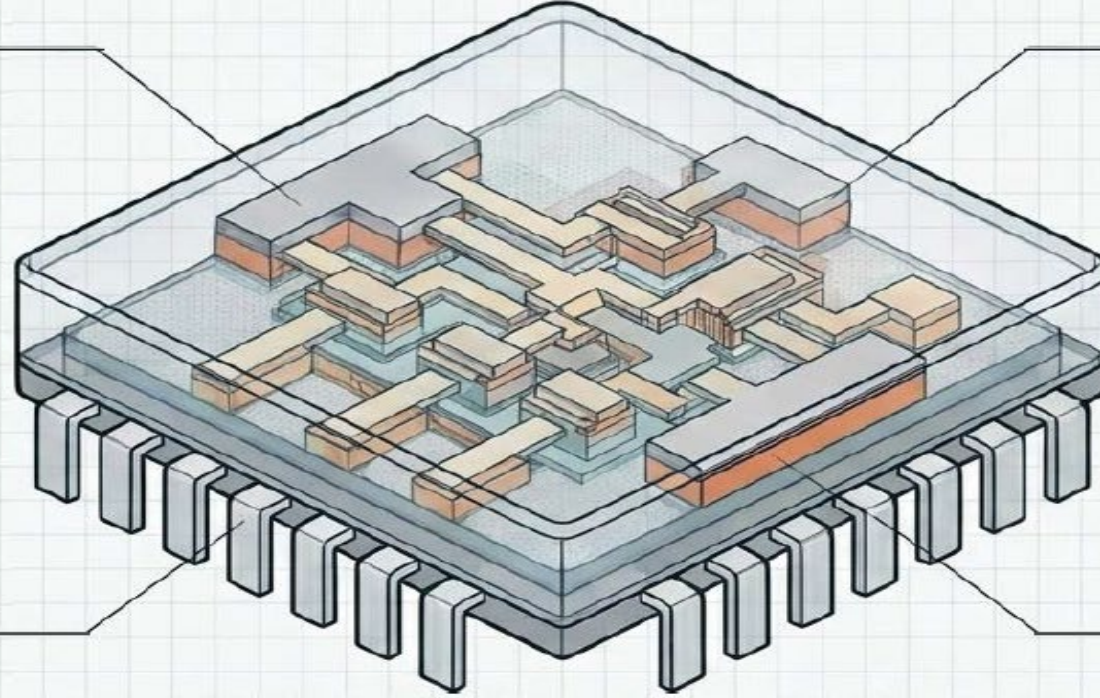
UYGULA

Hesaplanan sonuçları motorlara elektrik sinyali (tepki) olarak iletir.

Mikrodenetleyicinin İçinde Ne Var?

İşlemci (CPU)

Beynin düşünen kısmı. Verilen komutları işler, karmaşık matematiksel hesaplamaları yapar.



Bellek (RAM & Flash)

Hafıza merkezi.

Flash: Kapatılsa bile silinmeyen kalıcı kod arşivi.

RAM: Uçuş anında sürekli değişen sensör verilerinin tutulduğu ultra hızlı, geçici çalışma alanı.

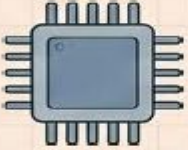
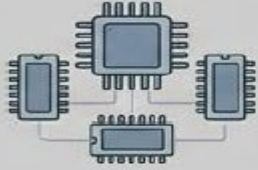
Giriş/Çıkış Pinleri (I/O)

Dış dünya ile bağlantı noktaları. Sensörlerden veri okur (Giriş) ve motor sürücülerine elektrik komutu gönderir (Çıkış).

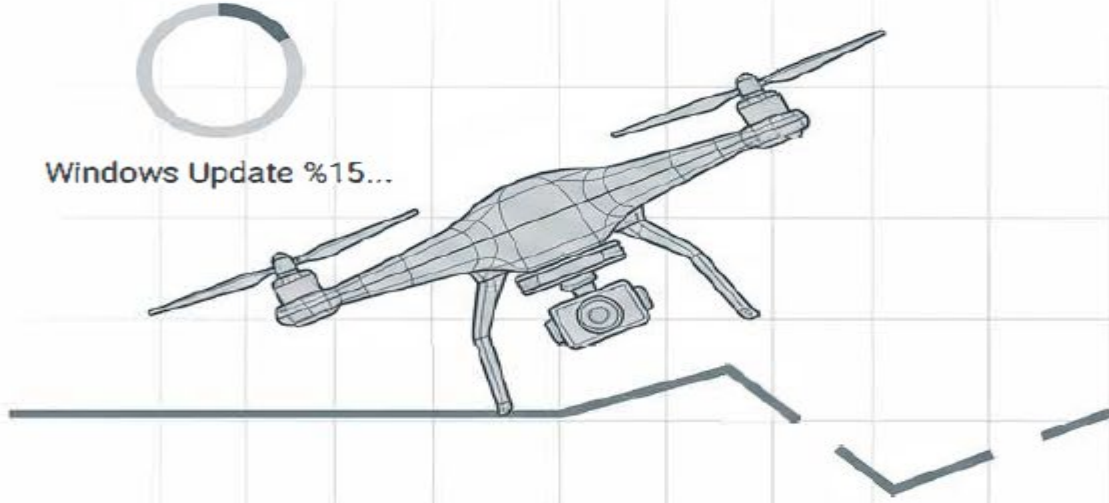
Zamanlayıcılar (Timers)

Sistemin kalp atışı. Elektrik sinyallerinin tam olarak hangi milisaniyede gönderileceğini yöneten, İHA için en hayati zamanlama donanımı.

Mikroişlemci: Yapısında bir CPU, ön bellek ve input/output (giriş/çıkış) birimleri bulunan devrelere denir.

	Mikrodenetleyici	Mikroişlemci
Mimari	 MCU: Hepsi Bir Arada (CPU, RAM, ROM tek bir çipte)	 MPU: Dağıtık (Sadece CPU içerir, RAM ve ROM dışarıdan takılır)
Temel Amaç	 MCU: Motor sürmek gibi belirli, gerçek zamanlı spesifik görevleri kusursuz yapmak	 MPU: Ağır işletim sistemleri çalıştırmak ve genel amaçlı devasa hesaplamalar yapmak
Hız & Güç Tüketimi	 MCU: İhtiyaç kadar hız, Çok düşük güç (0,5 Watt / Miliamper seviyesi)	 MPU: Maksimum hız, Yüksek güç tüketimi (Watt seviyesi)
Örnek Sistemler	MCU: STM32, Arduino (Atmel), ESP32	MPU: Intel Core i7, Apple M3, Raspberry Pi

Zamanlama Her Şeydir: Gerçek Zamanlı Zorunluluk



Tehlike: İşletim Sistemi Yüğü

Bir mikroişlemci (MPU) arka planda genel güncellemeler veya çoklu görevler yürütürken işlemciyi meşgul edebilir. Havada saniyede binlerce kez "Dengede miyim?" diye sorması gereken bir dron için bir milisaniyelik gecikme bile ölümcüldür.

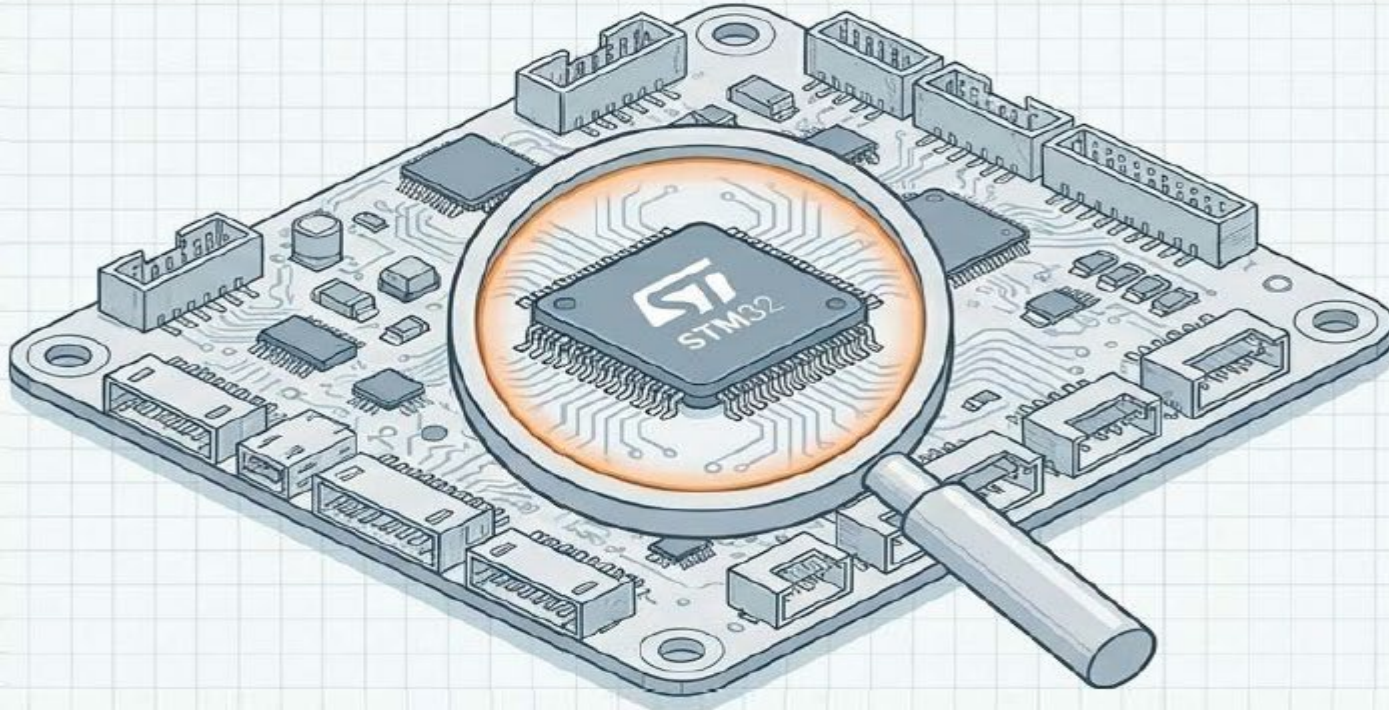


Çözüm: Deterministik Odak

Mikrodenetleyiciler (MCU) ise arkada karmaşık bir işletim sistemi çalıştırmaz. Sadece kendisine verilen uçuş koduna odaklanır ve hiçbir dış müdahale olmadan kesintisiz, gerçek zamanlı (real-time) karar üretir.

Uçuş Kontrol Kartı

Uçuş Kontrol Kartı (Flight Controller), kalbinde bir mikrodenetleyici ve etrafında çevresel sensörlerin (IMU) bulunduğu bir devre kartıdır. En sık kullanılan işlemci mimarisi ARM Cortex-M serisidir. Örnek uçuş kontrol kartları; Pixhawk, APM, F4 / F7 / H7 tabanlı kartlar.



STM32F1 / F3

Geçmiş: Eski nesil sistemler. Düşük işlem gücü ve temel uçuş yetenekleri.

STM32F4 / F7

Günümüz: Yüksek saat hızları (168216 MHz). Karmaşık PID denge algoritmalarını gecikmesiz ve kusursuz koşturur.

STM32H7

Gelecek: Zirve model. Çok daha yüksek bellek ve işlem kapasitesi ile modern otonom görevler için ideal altyapı.

Veri İşleme Döngüsü



Matematiksel Filtre: EKF (Genişletilmiş Kalman Filtresi)

Ham Veri



Ham Verinin Kaosu

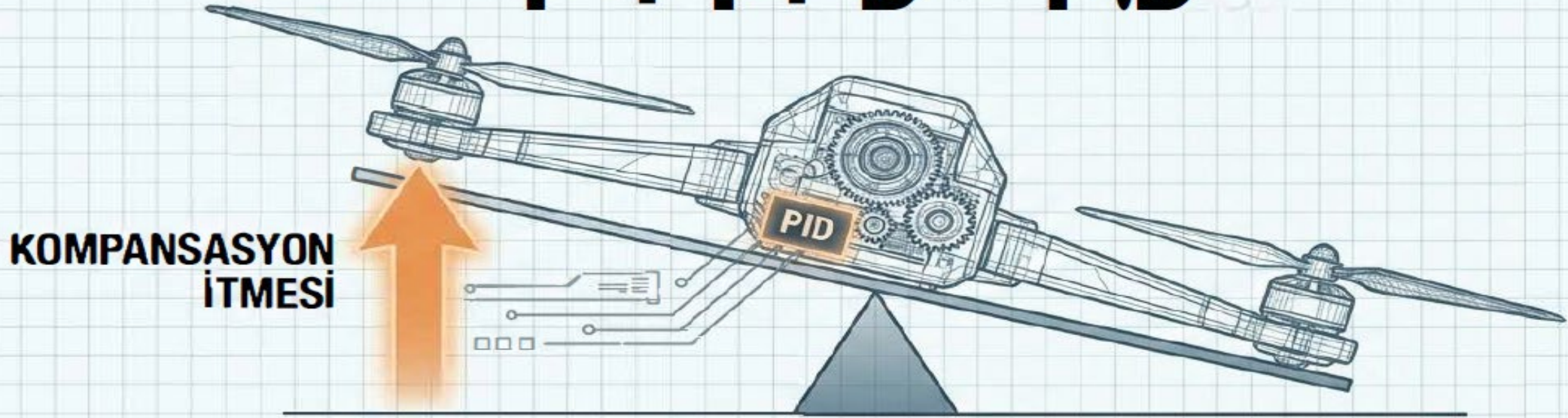
Fiziksel dünyada sensörler mekanik titreşimlerden fazlasıyla etkilenir. Sadece tek bir sensöre güvenmek, kirli ve gürültülü veriler nedeniyle aracın yönünü şaşırtmasına sebep olur.

Füzyonun Gücü

Mikrodenetleyici; İvmeölçer, Jiroskop ve Pusula gibi sensörlerin verilerini Extended Kalman Filter (EKF) adlı matematiksel bir süzgeçten geçirir. Sensörlerin eksiklikleri birbirleriyle kapatılarak aracın %100 kesin uzay oryantasyon açısı (Roll/Pitch/Yaw) çıkarılır.

Denge ve Aksiyon: PID Algoritmasından Motora

$$P + I + D = PID$$



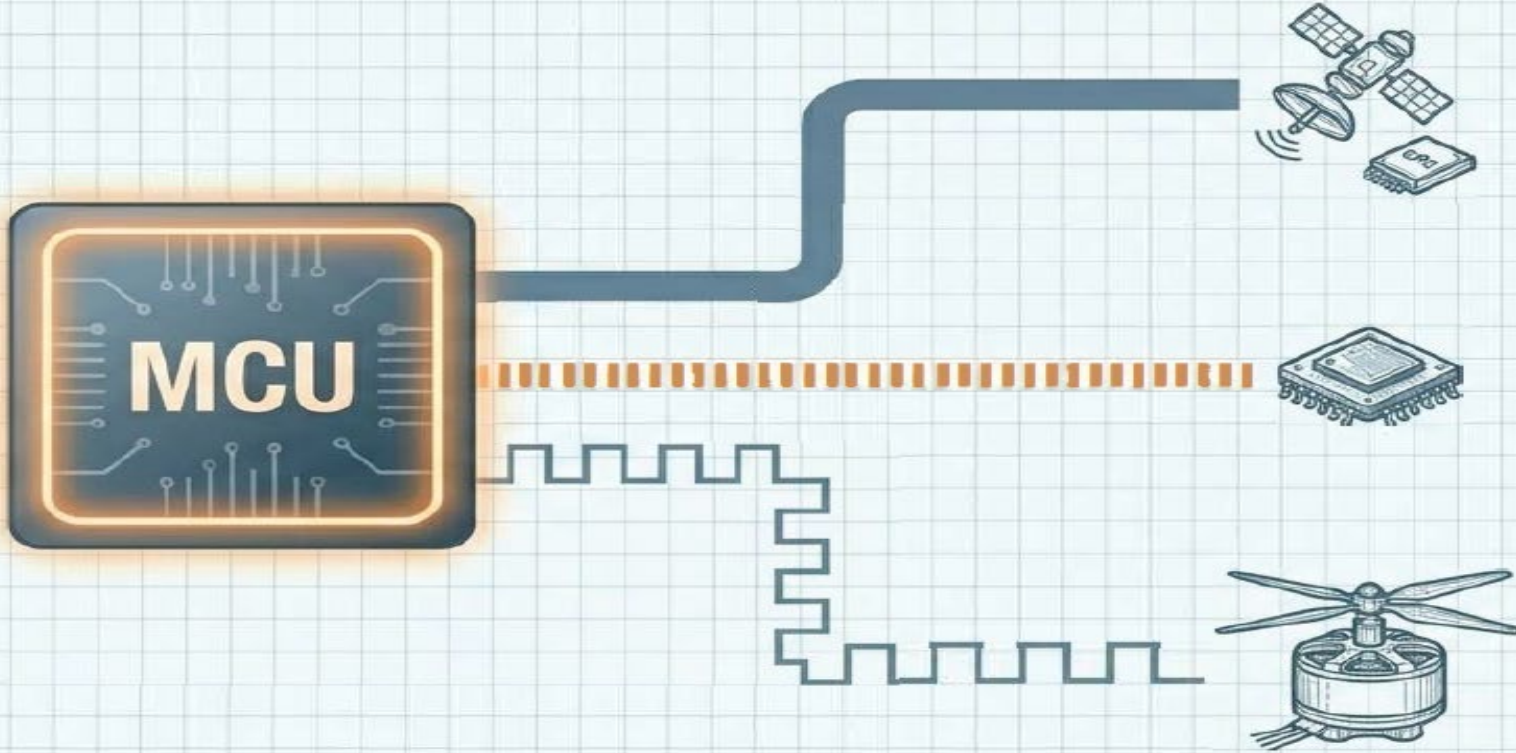
Senaryo 1

Drone sağa yatarsa → Mikrodenetleyici (PID) sol motorların hızını artırır.

Senaryo 2

Drone ileri yatarsa → Mikrodenetleyici arka motorların devrini yükseltir.

Donanım Haberleşme Protokoller



UART

Telemetri (Yer istasyonu bağlantısı) ve GPS modülleriyle haberleşmek için kullanılan dış iletişim hattı.

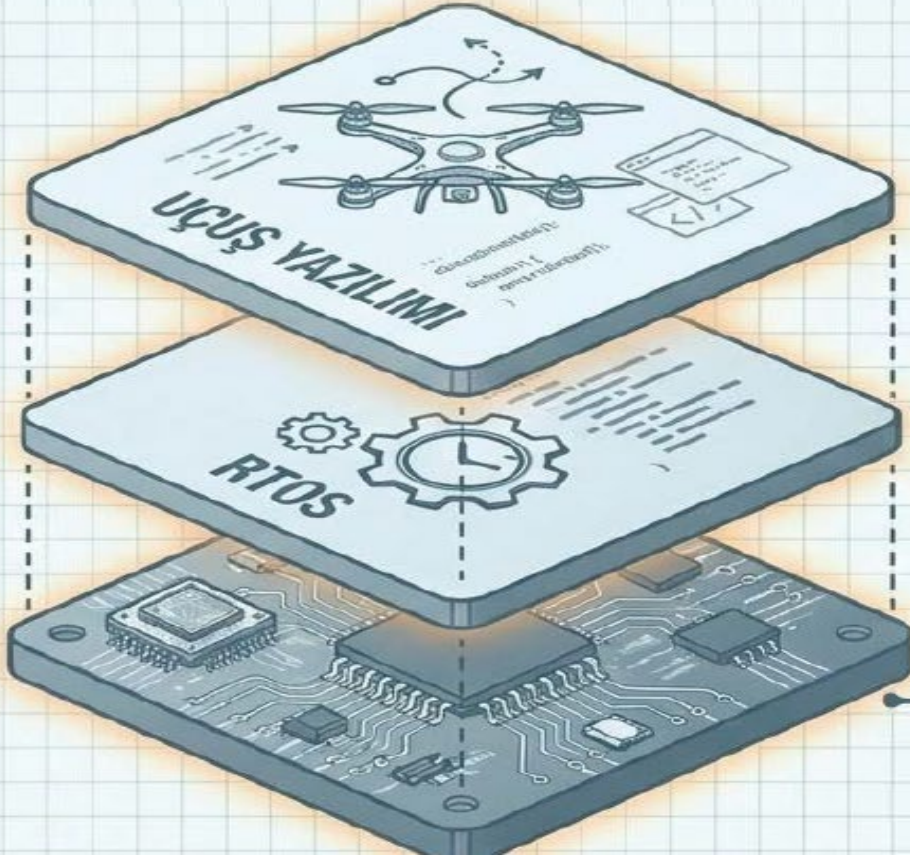
SPI / I2C

Dahili sensörlerle (IMU, Barometre) inanılmaz yüksek hızda veri alışverişi yapan, çok yakın mesafe veri otobanı.

PWM / PPM / S.Bus

Alicıdan kumanda sinyallerini okumak ve motor komutlarını iletmek için kullanılan hareket protokolü.

Gömülü Yazılım Yığını ve İşletim Sistemleri



Layer 3 (Zeka ve Karakter): UÇUŞ YAZILIMI
ArduPilot / PX4: Endüstriyel haritalama ve karmaşık otonom görevler için profesyonel çözümler.

Betaflight / INAV: Yüksek çeviklik, yarış dronları ve sıfır gecikme öncelikli agresif uçuş sistemleri.

Layer 2 (Çekirdek Yöneticisi): RTOS
Gerçek Zamanlı İşletim Sistemi (FreeRTOS, ChibiOS). Görevlerin deterministik (asla gecikmeden, kesin sürelerde) yapılmasını garanti eden zaman hakemi.

Layer 1 (Zemin): DONANIM (HARDWARE)
İşlem gücü ve pin bağlantılarını sağlayan temel silikon altyapı.

Mikrodenetleyici Seçim Kriterleri

Saat Hızı (MHz)

Saniyede yapılan işlem sayısını belirler. Daha yüksek frekans, daha sık denge hesabı demektir ve uçuş kararlılığını doğrudan artırır.



FPU (Kayan Nokta Birimi)

Çipten gelen oryantasyon verisindeki ondalıklı sayı ve trigonometrik hesapları donanımsal olarak hızlandırarak ana işlemcinin (CPU) yükünü sırtlar.

I/O (Pin) Sayısı

Tasarlanan İHA'ya kaç adet bağımsız motor, servo mekanizma ve harici sensör eklenebileceğinin fiziksel sınırını çizer.



Güç Tüketimi (mW)

Özellikle mini İHA'larda miliwatt seviyesinde kalmak, bataryanın beyin yerine yerine doğrudan uçuş motorlarına enerji sağlamasına olanak tanır.

Veri İşleme Döngüsü

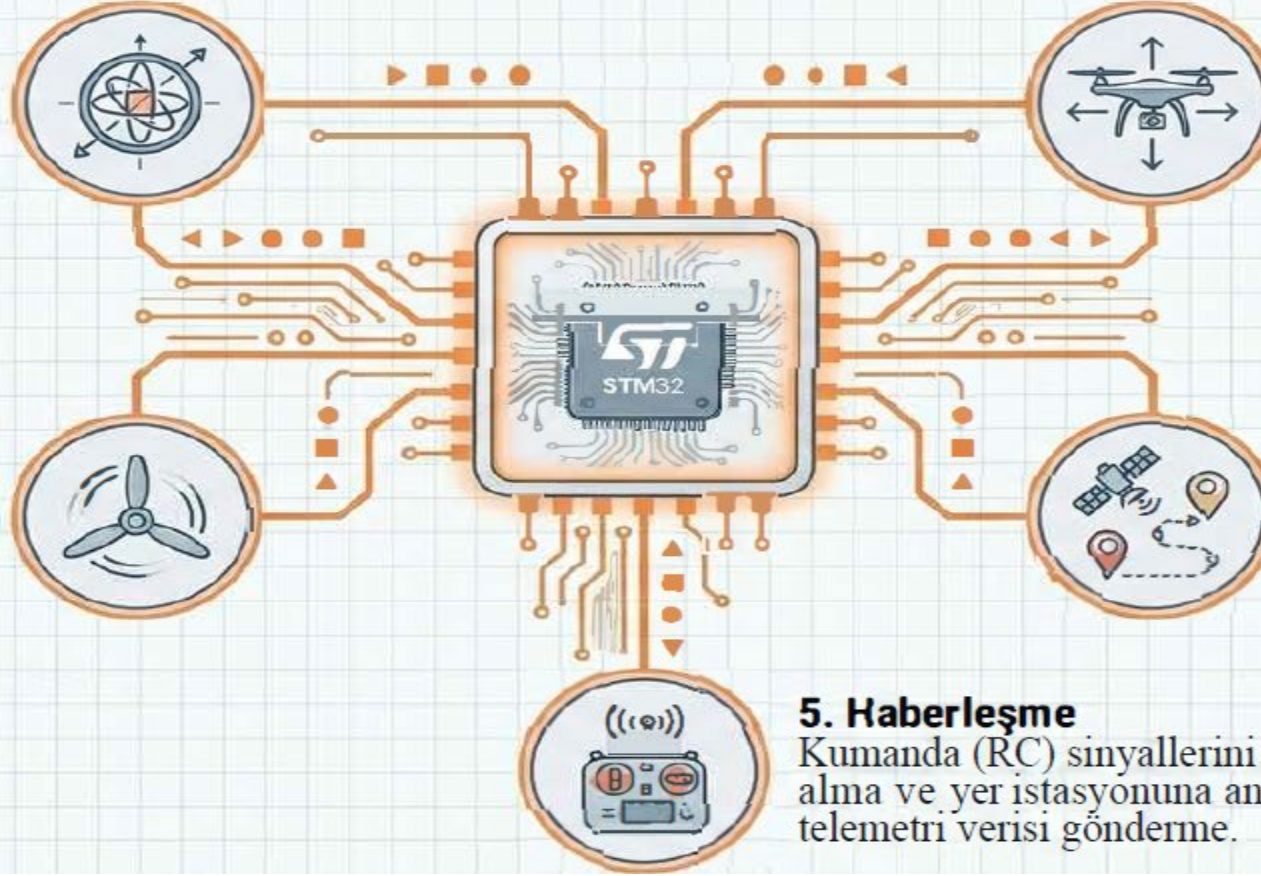
1. Sensör Okuma
İvmeölçer, Jiroskop,
Manyetometre ve
Barometreden sürekli ham
fiziksel veri akışı alma.

3. Motor Kontrolü
Üretilen PWM sinyalleri ile
ESC'leri (Hız Kontrolcü)
tetikleyerek motor
devirlerini ayarlama.

**2. Uçuş Stabilizasyonu -
Veri Füzyonu**
Ham sensör verileri
birleştirilerek roll, pitch,
yaw hesaplanır. PID
algoritması ile anlık konum
hatalarını düzelterek aracı
düz bir ekseninde tutma.

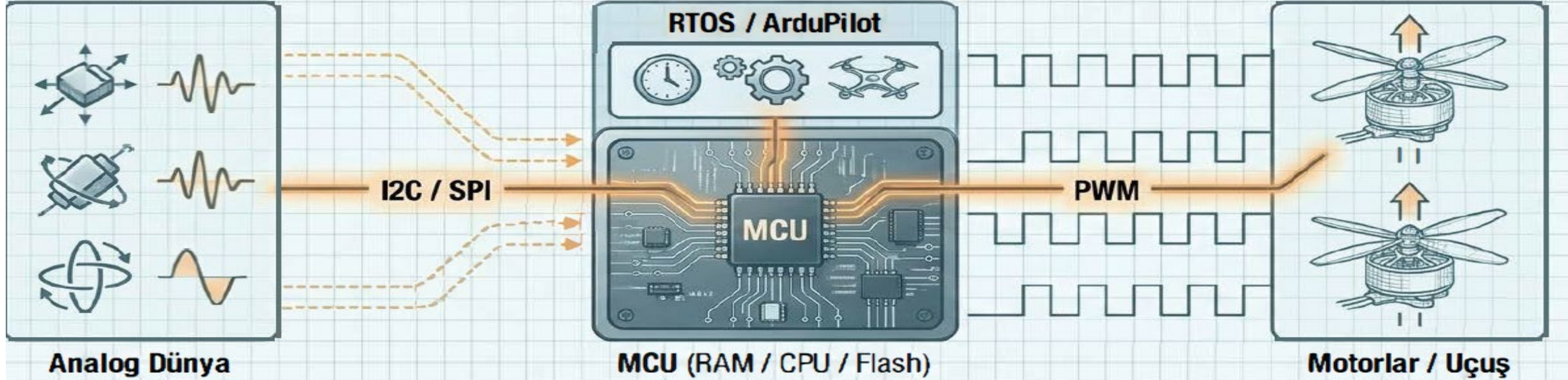
4. Navigasyon ve Otonomi
GPS verisini işleyerek rota
(Waypoint) takibi yapma ve
acil durumlarda Eve Dönüş
(RTL) sağlama.

5. Haberleşme
Kumanda (RC) sinyallerini
alma ve yer istasyonuna anlık
telemetri verisi gönderme.



Büyük Resim: Teknolojik Bir Senfoni

İnsansız Hava Araçları sadece motor ve pervanelerden ibaret değildir. Havada kalabilme mucizesi; dış dünyayı algılayan, SPI/I2C üzerinden okuduğu veriyi mikrodenetleyici çekirdeğinde deterministik algoritmalarla (EKF, PID) süzgeçten geçiren ve bu kararları mikrosaniyeler içinde PWM sinyalleriyle fiziksel itkiye dönüştüren kusursuz bir mimarinin eseridir.



**Bir mikrodenetleyicideki milisaniyelik düzen,
gökyüzündeki sarsılmaz dengenin ta kendisidir.**

- Kangunde, V., Jamisola, R. S., & Theophilus, E. K. (2021). A review on drones controlled in real-time. *International Journal of Dynamics and Control*, 9(4), 1832–1846.
- Rico, R., et al. (2023). Hardware and RTOS design of a flight controller for professional applications. *IEEE Access*, 11, 1–15.
- Hanif, M. S., Roslan, S. A., Razali, N. H., et al. (2023). Real-time implementation of an adaptive PID controller for the quadrotor MAV embedded flight control system. *Aerospace*, 10(1), 59.
- He, Z., & Zhao, L. (2014). A simple attitude control of quadrotor helicopter based on Ziegler-Nichols rules for tuning PD parameters. *The Scientific World Journal*, 2014, Article 280180.
- Khan, W., & Nahon, M. (2013). Toward an accurate physics-based UAV thruster model. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 18(4), 1269–1279.
- Leishman, R. C., Macdonald, J. C., Beard, R. W., & McLain, T. W. (2014). Quadrotors and accelerometers: State estimation with an improved dynamic model. *IEEE Control Systems Magazine*, 34(1), 28–41.



TEŞEKKÜRLER