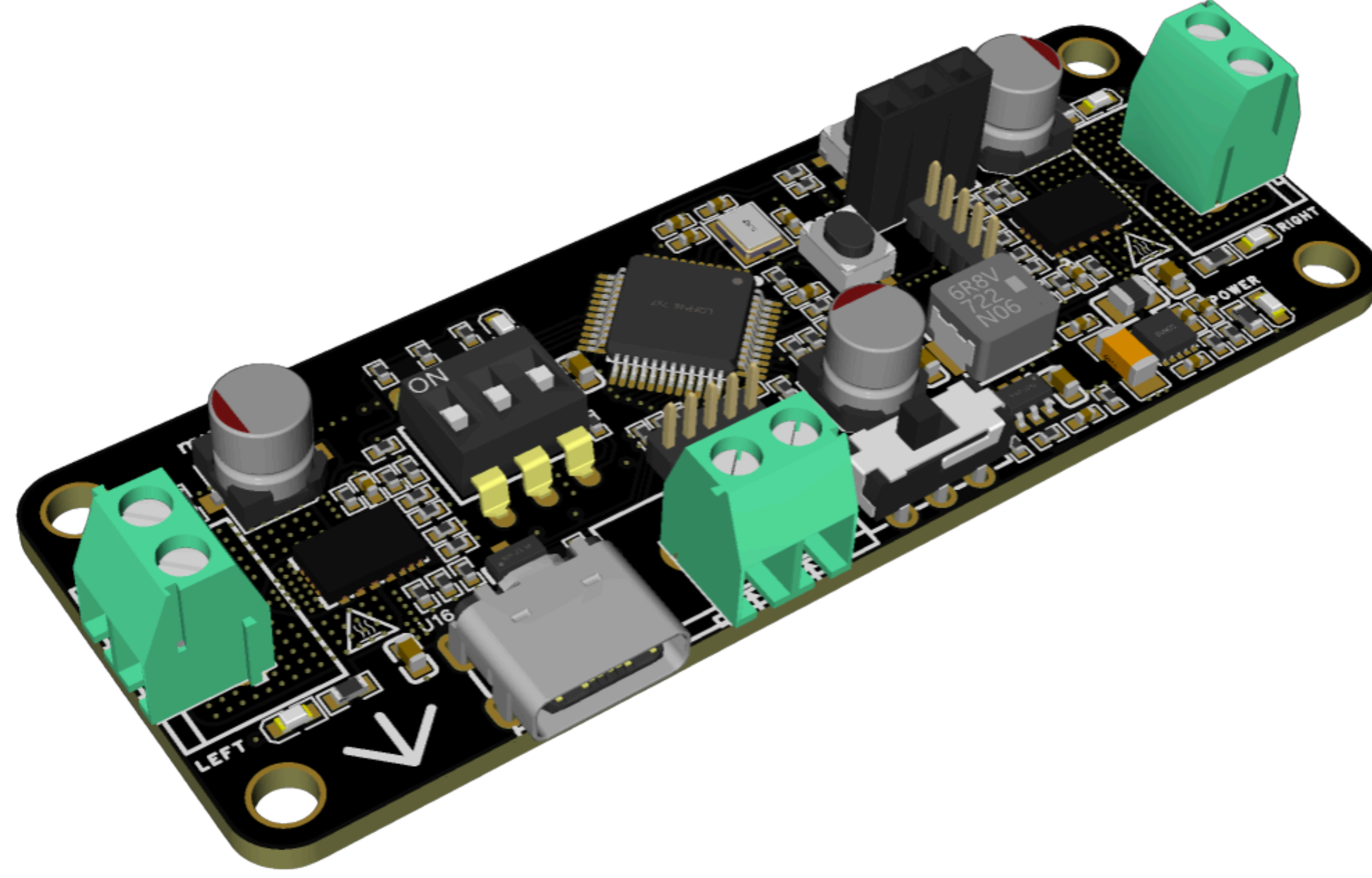


## mBug proto v2 Geliştirme Kartı

### 1 Giriş



Görsel 1

Görsel 1'de bulunan mBug EVB Proto v2, mobil robotik ve gömülü sistem uygulamaları için tasarlanmış, çift motor sürüşünü destekleyen bir geliştirme kartıdır. Kart, mikrodenetleyici tabanlı kontrol yapısı sayesinde motor, sensör ve haberleşme birimlerinin entegre şekilde kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Güç mimarisi, motor yükleri altında kararlı çalışmayı destekleyecek şekilde yapılandırılmıştır. USB ve harici besleme seçenekleri ile esnek kullanım sunulmaktadır. Bu doküman, kartın donanım yapısını ve temel teknik özelliklerini tanımlamak amacıyla hazırlanmıştır.

### 2 Elektriksel Özellikler

- Giriş Voltajı, 4.5V - 28V
- Maksimum Motor Çıkış Akımı (tek kanal), 15A
- 5V Çıkış Akımı, 3A
- 3.3V Çıkış Akımı, 0.9A
- Ortam Sıcaklığı Aralığı -40°C to 125°C
- Kart Boyutları 26.5 mm x 71.5 mm

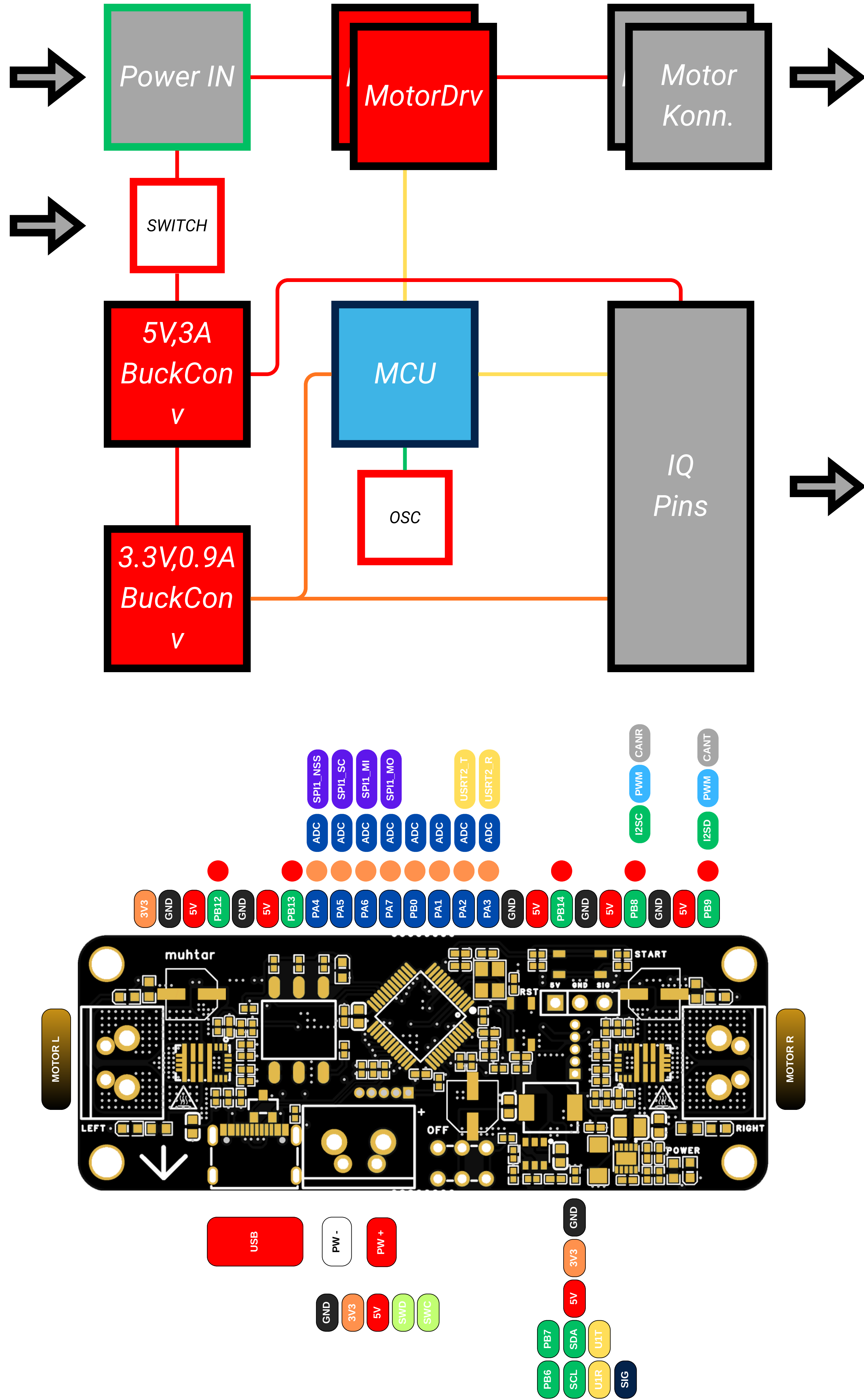
Maksimum motor çıkış akımı, kart üzerinde kullanılan konnektörlerden ziyade kullanıcı tarafından tercih edilen güç ve motor kablolarının akım taşıma kapasitesi ile sınırlandırılmaktadır. Yetersiz kesite sahip kabloların kullanılması, performans düşüşüne ve aşırı ısınmaya neden olabilmektedir.

Kart üzerinde ters polarizasyon koruması bulunmamaktadır. Besleme bağlantılarının yanlış polaritede yapılması veya belirtilen giriş gerilimi sınırlarının dışına çıkılması, kart üzerinde kalıcı hasara yol açabilmektedir.

Kartın kapalı bir muhafaza içerisinde kullanılması ve yeterli havalandırmanın sağlanmaması durumunda, termal koşullar değişebilmekte ve kartın çalışma karakteristikleri olumsuz etkilenebilmektedir. Yüksek akım altında çalışırken motor sürme devrelerinde belirgin ısınma oluşabilmektedir. Bu ısınma bölgeleri PCB üzerinde işaretlenmiş olup, çalışma sırasında bu noktalara doğrudan temastan kaçınılması gerekmektedir.

Analog ölçümlerin gerçekleştirildiği durumlarda, ölçüm doğruluğunu ve kart güvenliğini korumak amacıyla karta fiziksel temastan kaçınılması önerilmektedir.

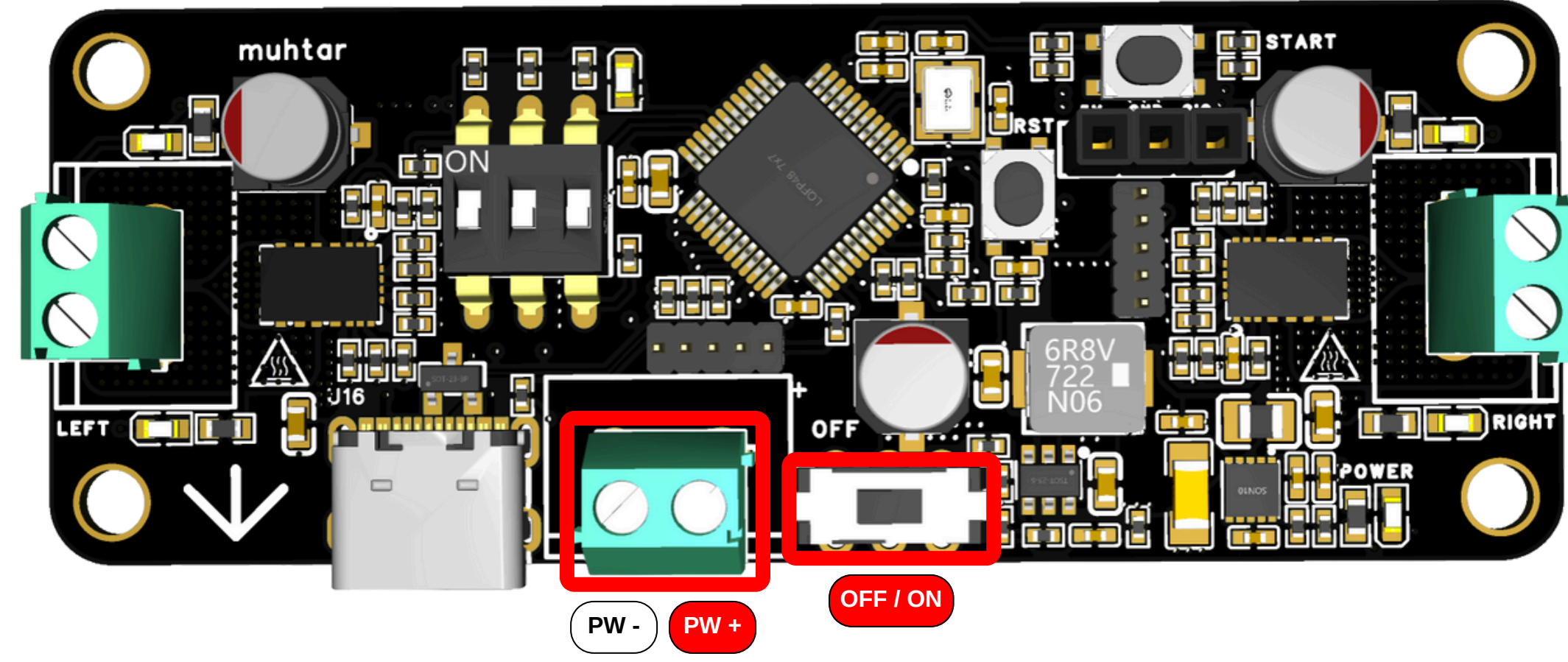
## 3 Blok Diyagram ve Pinout



Şekil 1

Bu bölümde, mBug Proto v2 geliştirme kartının güç dağıtımı, kontrol ve motor sürme altyapısını oluşturan temel donanım blokları açıklanmaktadır. Şekil 1'de verilen blok diyagram, kart üzerindeki fonksiyonel birimlerin birbirleriyle olan güç ve sinyal ilişkilerini yüksek seviyede göstermeyi amaçlamaktadır. Bu mimarinin doğru anlaşılması, kartın güvenli ve verimli şekilde kullanılabilmesi açısından önemlidir.

### 3.1 Güç Girişi ve Güç Dağıtımı (Power IN)



Görsel 2

mBug Proto v2 geliştirme kartının harici beslemesi Power IN bloğu üzerinden sağlanmaktadır. Görsel 2'de gösterilen bu giriş noktası, kart üzerindeki tüm alt sistemler için ana enerji kaynağını oluşturmaktadır. Power IN hattı, hem yüksek akım gereksinimi bulunan motor sürücü bloğunu hem de kart üzerinde yer alan DC-DC dönüştürücüleri besleyecek şekilde yapılandırılmıştır.

Kart, **-0.7 V ile +28 V** aralığında bir giriş gerilimi ile beslenebilir. Belirtilen sınırlar dışında uygulanan gerilimler, kart üzerinde **kalıcı hasara** neden olabilir. Negatif gerilim toleransı, giriş katındaki devre topolojisi ve bileşenlerin mutlak maksimum değerleri doğrultusunda sınırlı olarak tanımlanmıştır ve sürekli negatif besleme uygulanması önerilmemektedir.

Kart üzerinde ters polarite koruması bulunmamaktadır. Bu nedenle besleme bağlantılarının **yanlış polaritede** yapılması durumunda kartın zarar görme riski bulunmaktadır. Güç bağlantısı yapılmadan önce besleme polaritesinin doğruluğu mutlaka kontrol edilmelidir.

Power IN hattı üzerinden sağlanan enerji aşağıdaki alt sistemlere dağıtılmaktadır:

- Motor sürücü bloğu (yüksek akım hattı)
- 5 V buck regülatörü
- 3.3 V buck regülatörü

Kart üzerindeki 5 V buck regülatörü, **aşırı akım koruması (over-current protection)** ve **aşırı sıcaklık koruması (over-temperature protection)** korumalarına sahiptir. Bu koruma mekanizmaları, regülatörün çıkışının aşırı yüklenmesi veya termal sınırların aşılması durumunda regülatörü koruma moduna alarak hasar riskini azaltmayı amaçlamaktadır. Ancak bu korumalar, sürekli sınır aşımı durumları için bir çalışma garantisi sağlamaz ve sistem tasarımında nominal akım değerleri esas alınmalıdır.

3.3 V buck regülatörü ise **kısa devre koruması (short-circuit protection)** ve **aşırı sıcaklık koruması (over-temperature protection)** ile donatılmıştır. Çıkış hattında kısa devre oluşması veya termal limitlerin aşılması durumunda regülatör, kendini korumaya alarak çıkışı sınırlar veya devre dışı bırakır. Bu özellikler, lojik devrelerin ve hassas bileşenlerin korunmasına katkı sağlamaktadır.

Bu yapı sayesinde motor yükleri ile lojik devreler aynı besleme kaynağını paylaşmakta, ancak farklı güç yolları üzerinden beslenerek sistemin kararlı çalışması hedeflenmektedir. Güç girişine bağlanan besleme kaynağının akım kapasitesi, sürülen motorların gereksinimleri ve bağlı çevre birimlerinin toplam tüketimi dikkate alınarak seçilmelidir.

Kart üzerinde yer alan Switch, kontrol katmanının devreye alınmasını veya devre dışı bırakılmasını sağlayan bir anahtarlama elemanıdır. Switch kapalı konuma alındığında **mikrodenetleyici ve lojik devreler enerjisiz kalırken, motor sürücü bloğu üzerindeki güç hattı enerjili kalmaya devam eder**. Ancak bu durumda mikrodenetleyici pinleri düşük seviyeye (logic low) çekildiği için motor sürücü entegreleri sürme durumuna geçmez ve motor çıkışları pasif hâlde kalır. Bu yaklaşım, yüksek akım hatlarının ani olarak kesilmesinden kaynaklanabilecek istenmeyen elektriksel etkilerin azaltılmasını amaçlamaktadır.

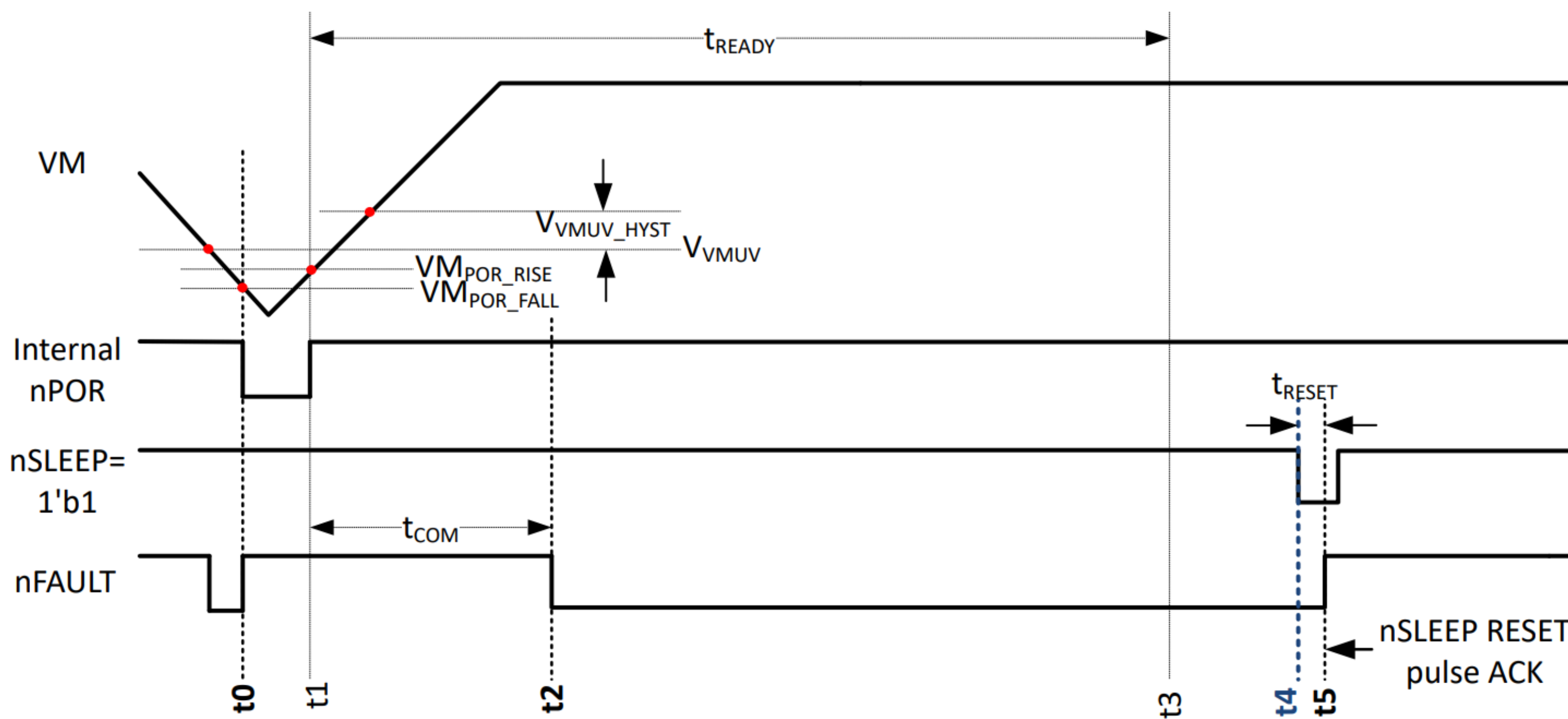
### 3.2 Motor Sürücü Bloğu ve Kontrol Yapısı

mBug Proto v2 geliştirme kartında yer alan motor sürücü bloğu, Motor L ve Motor R olmak üzere iki bağımsız motor çıkışı kontrol etmek üzere tasarlanmıştır. Motorlar, harici bir kontrolcü tarafından sağlanan lojik seviye sinyalleri ile yön ve hız kontrollü olarak sürülür.

Motor sürücü bloğu, 4.5 V ile 28 V aralığında bir motor besleme gerilimi ile çalışabilir. Besleme geriliminin 4.5 V seviyesine kadar düşmesi durumunda dahi sürücü, çalışma karakteristiğini korur ve motorları verim kaybı olmadan sürmeye devam eder. Bu davranış, düşük besleme gerilimlerinde performansı belirgin şekilde azalan birçok motor sürücü mimarisinden farklıdır.

Motor sürücü bloğunun güç verildiği andaki davranışı ve kontrolcü yazılımının izlemesi gereken başlatma sırası aşağıdaki bölümde detaylandırılmıştır.

#### 3.2.1 Power-Up Süreci ve Yazılımsal Zamanlama



Görsel 3

Motor sürücü bloğuna besleme gerilimi uygulandığında, sistem kontrollü bir power-up süreci başlatır ve **sürücü doğrudan motor sürme durumuna geçmez**. Bu süreç, sürücünün güvenli şekilde başlatılması ve kontrolcü yazılımı ile senkron çalışması amacıyla tanımlanmıştır.

Güç verildiği ilk anda ( $t_0$ ), besleme gerilimi yükselmeye başlar ve sürücü dahili reset durumundadır. Bu aşamada motor çıkışları pasiftir ve kontrolcü yazılımı tarafından herhangi bir sürme, enable veya PWM sinyali **uygulanmamalıdır**.

Besleme gerilimi yeterli seviyeye ulaştığında ( $t_1$ ), sürücü dahili regülasyon ve başlatma işlemlerini gerçekleştirir. Bu süre boyunca sürücü çalışmaya hazır değildir ve güvenli bekleme durumunda kalır.

Dahili başlatma tamamlandığında ( $t_2$ ), sürücü iletişim için hazır hâle gelir ancak hâlâ STANDBY durumuna geçmemiştir. Bu aşamada nFAULT hattı LOW seviyededir. Kontrolcü yazılımı, sürücünün hazır olduğunu bu sinyal üzerinden doğrulamalı ve bir sonraki adıma geçmeden önce nFAULT hattının durumunu kontrol etmelidir.

Kontrolcü tarafından nSLEEP pini üzerinden kısa süreli bir reset darbesi uygulandığında ( $t_3$ ), sürücü power-up sürecinin kontrolcü tarafından onaylandığını algılar. Bu darbenin ardından sürücü nFAULT hattını HIGH seviyeye bırakır ve STANDBY moduna geçer.

STANDBY modunda sürücü, motor sürme komutlarını almaya hazırdır ancak motor çıkışları hâlâ kapalıdır. Motorların aktif hâle gelmesi, bu aşamadan sonra yazılımsal olarak enable ve kontrol sinyallerinin uygulanmasıyla mümkündür.

Bu zamanlamaya uyulması, sistem enerjilendiği anda istenmeyen motor hareketlerini önler ve motor sürme işlemlerinin yalnızca kontrolcü yazılımının bilinçli kontrolü altında başlatılmasını sağlar.

Aşağıda örnek bir motor sürme uygulaması hazırlığı verilmiştir, örnek kodlar için [tıklayınız](#).

Power Up ->

```
//-----  
// PIN TANIMLARI (Özet)  
//-----  
  
// Motor A  
DRVA_NSLEEP = PB15  
DRVA_NFAULT = PC15  
DRVA_DRVOFF = PA8  
DRVA_PWM_EN = PA9  
DRVA_DIRECTION = PA10  
MOTOR_A_IPROPI_ADC = PB1 // ADC - Akım ölçümü  
  
// Motor B  
DRVB_NSLEEP = PA15  
DRVB_NFAULT = PC14  
DRVB_DRVOFF = PB3  
DRVB_PWM_EN = PB4  
DRVB_DIRECTION = PB5  
MOTOR_B_IPROPI_ADC = PA0 // ADC - Akım ölçümü  
  
//-----  
// t0 - Güç uygulanır  
//-----  
VM beslemesi motor sürücüye verilir  
MCU 5V switch ile açılır  
  
//-----  
// Güvenli başlangıç (ilk durum)  
//-----  
DRVA_NSLEEP = LOW  
DRVB_NSLEEP = LOW  
DRVA_DRVOFF = HIGH  
DRVB_DRVOFF = HIGH  
DRVA_PWM_EN = 0  
DRVB_PWM_EN = 0  
DRVA_DIRECTION = LOW  
DRVB_DIRECTION = LOW  
  
//-----  
// t1 - Dahili başlatma süresi  
//-----  
// Sürücü iç regülatörleri ve logic hazırlar  
// MCU bu aşamada motor sürmez  
  
bekle ≈ 1-2 ms  
  
//-----  
// t2 - Sürücü hazır, onay bekliyor  
//-----  
// nFAULT pinleri LOW seviyededir  
// (PC15 ve PC14)  
  
nFAULT LOW olana kadar bekle  
maksimum bekleme süresi ≈ 5 ms  
  
//-----  
// t3 - nSLEEP reset darbesi (handshake / ACK)  
//-----  
DRVA_NSLEEP = LOW  
DRVB_NSLEEP = LOW  
bekle ≥ 10 Ms // minimum reset süresi  
  
DRVA_NSLEEP = HIGH  
DRVB_NSLEEP = HIGH  
  
//-----  
// STANDBY teyidi  
//-----  
// Reset kabul edilirse nFAULT HIGH olur  
  
nFAULT HIGH olana kadar bekle  
maksimum bekleme süresi ≈ 5 ms  
  
//-----  
// ACTIVE moda geçiş  
//-----  
DRVA_DRVOFF = LOW  
DRVB_DRVOFF = LOW  
  
//-----  
// Motor sürmeye hazır  
//-----  
// Yön ve PWM artık uygulanabilir
```

### 3.2.2 Motor Sürme, Yön Kontrolü ve PWM Kullanımı

Power-up süreci tamamlandıktan ve motor sürücü bloğu STANDBY moduna geçtikten sonra, motor sürme işlemleri yazılımsal olarak başlatılabilir. Bu aşamada sürücü, kontrolcüden gelen yön ve PWM sinyallerini kabul edecek durumdadır. Power-up tamamlanmadan uygulanan kontrol sinyalleri motor çıkışlarında herhangi bir etki oluşturmaz.

Her motor kanalı, Motor L ve Motor R olmak üzere bağımsız şekilde kontrol edilir. Motorların aktif hâle gelmesi için öncelikle sürücünün ACTIVE moda alınması gerekir. Bu işlem, ilgili DRVOFF pininin LOW seviyeye çekilmesi ile gerçekleştirilir. DRVOFF pini HIGH seviyede tutulduğu sürece motor çıkışları donanımsal olarak kapalı kalır.

Motor yönü, DIRECTION pini üzerinden belirlenir. Bu pinin lojik seviyesi, motorun ileri veya geri yönde dönmesini sağlar. Yön değiştirme işlemleri sırasında, ani akım artışlarını ve sürücü üzerinde oluşabilecek zorlanmaları önlemek amacıyla PWM sinyalinin geçici olarak sıfıra çekilmesi önerilir.

Motor hızı, PWM\_EN pini üzerinden uygulanan PWM sinyali ile kontrol edilir. PWM duty cycle değeri arttıkça motor hızı artar. PWM frekansı ve duty cycle değeri, kullanılan motorun karakteristiğine ve uygulama gereksinimlerine göre yazılımsal olarak ayarlanabilir.

Motorların durdurulması için PWM sinyali sıfıra çekilir. Bu durumda sürücü ACTIVE modda kalmaya devam eder ancak motorlar enerjisiz hâle gelir. Gerekli durumlarda, sürücünün tamamen pasif hâle getirilmesi için DRVOFF pini HIGH seviyeye alınabilir.

Motor sürme işlemleri sırasında, her motor kanalına ait IPROPI çıkışı üzerinden motor akımı izlenebilir. IPROPI pinleri, harici bir direnç üzerinden GND'ye bağlanmıştır ve bu noktadan ADC ile okunan gerilim, motor akımı ile orantılıdır. Bu yapı sayesinde yazılımsal olarak akım izleme, yük durumu tespiti ve koruma senaryoları uygulanabilir.

#### Motor Drive ->

```
// Yön ayarla
DRVA_DIRECTION = HIGH veya LOW
DRVB_DIRECTION = HIGH veya LOW

// PWM ver
DRVA_PWM_EN = PWM_DEĞERİ
DRVB_PWM_EN = PWM_DEĞERİ

// Çalışma sırasında akım ölç
ADC oku (PB1 → Motor A IPROPI)
ADC oku (PA0 → Motor B IPROPI)

// Ölçülen IPROPI gerilimi:
// - 470 Ω direnç üzerinden GND'ye bağlı
// - Motor akımıyla orantılıdır
// - Yazılımsal filtreleme önerilir

// Durdurma
DRVA_PWM_EN = 0
DRVB_PWM_EN = 0
```

### 3.2.3 Motor Sürücü Bloğu ve Kontrol Yapısı

Motor sürücü üzerinde yer alan IPROPI pini, motor üzerinden geçen akımın ölçeklenmiş bir kopyasını akım olarak dışarı verir. Bu tasarımda IPROPI çıkışı, motor akımının **1/6400** oranında bir akım üretmektedir. **IPROPI pini kart üzerinde 470 Ω** direnç ile GND'ye bağlanmış olup, bu direnç üzerinde oluşan gerilim mikrodenetleyicinin ADC pini tarafından ölçülür.

$$V_{IPROPI} = (I_{MOTOR} / 6400) \times 470$$

Bu ölçeklemeye göre;

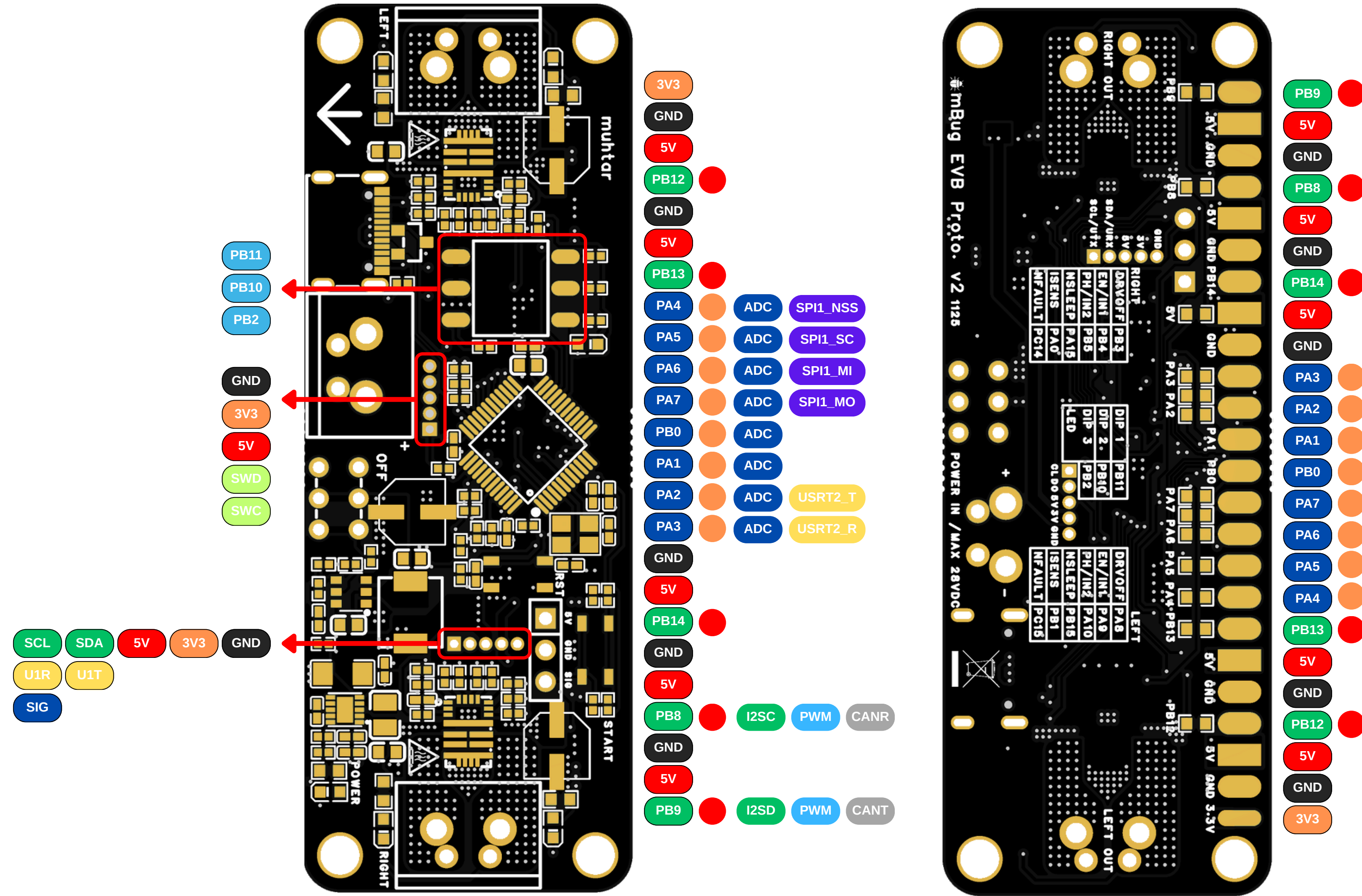
- 1 A motor akımı için IPROPI pininde yaklaşık 0.073 V oluşur.
- 2 A motor akımı için yaklaşık 0.147 V ölçülür.

IPROPI hattı yalnızca akım izleme amaçlı kullanılır; donanımsal bir akım sınırlama veya koruma fonksiyonu içermez.

### 3.3 Mikrodenetleyici (MCU) ve Kullanıcı Giriş / Çıktıları

mBug Proto v2 geliştirme kartında ana kontrol birimi olarak STM32F103CBT6 mikrodenetleyicisi kullanılmaktadır. MCU; motor sürücülerin kontrolü, kullanıcı girişlerinin okunması, analog ölçümlerin alınması ve haberleşme arayüzlerinin yönetilmesinden sorumludur. Mikrodenetleyici, kart üzerindeki 3.3 V regülatör hattı üzerinden beslenmekte olup tüm lojik seviyeler bu referans gerilimine göre çalışmaktadır.

Kart üzerindeki MCU pinleri, kullanıcı tarafından doğrudan erişilebilir olacak şekilde düzenlenmiş ve fonksiyonlarına göre gruplandırılmıştır.



Görsel 4

mBug Proto v2 geliştirme kartında ana kontrol birimi olarak STM32F103CBT6 mikrodenetleyicisi kullanılmaktadır. MCU, kart üzerindeki 3.3 V regülatör hattı üzerinden beslenir ve tüm lojik seviyeler bu referans gerilimine göre çalışır.

Mikrodenetleyici, kart üzerinde bulunan harici kristal osilatör (HSE) kullanılarak çalıştırılmakta ve dahili PLL birimi üzerinden sistem saat frekansı 72 MHz seviyesine yükseltilmektedir. Bu frekans; motor sürme uygulamalarında kullanılan PWM sinyallerinin kararlı ve yüksek çözünürlükte üretilmesini, zaman tabanlı işlemlerin doğru çalışmasını ve haberleşme birimlerinin güvenilir şekilde kullanılmasını sağlar.

Kullanıcıya açık MCU pinleri, giriş tolerans seviyelerine göre kart üzerinde işaretlenmiştir. **Turuncu nokta ile işaretlenen pinler yalnızca 3.3 V toleranslıdır ve bu seviyenin üzerinde uygulanan gerilimler mikrodenetleyiciye zarar verebilir.** **Kırmızı nokta** ile işaretlenen pinler giriş olarak 5 V toleranslıdır, ancak bu pinler dahi çıkış olarak kullanıldığında 3.3 V seviyesinde sinyal üretir.

MCU, kart üzerindeki Motor L (Sol) ve Motor R (Sağ) sürücü bloklarını bağımsız olarak kontrol eder. Motor hız kontrolü, STM32F103'ün donanımsal timer birimleri üzerinden üretilen PWM sinyalleri ile sağlanır. Yön bilgisi, sürücü aktif/pasif durumu ve hata izleme sinyalleri doğrudan GPIO pinleri üzerinden kontrol edilir. Bu yapı sayesinde yazılım gecikmelerinden bağımsız, kararlı motor sürüşü elde edilir.

Analog ölçümler için MCU'nun dahili ADC girişleri kullanıcıya açık şekilde yönlendirilmiştir. Bu girişler, motor sürücülerine ait IPROPI akım geri besleme hatları ve harici analog sensörlerin okunması için kullanılabilir. ADC pinleri 0 – 3.3 V aralığında çalışacak şekilde tasarlanmıştır ve bu sınırların aşılması durumunda harici seviye dönüştürücü kullanılması gerekmektedir.

## 4 Programlama ve Yazılım Yükleme Yöntemleri

mBug Proto v2 geliştirme kartı üzerinde kullanılan STM32F103CBT6 mikrodenetleyicisi, birden fazla yöntemle programlanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu esneklik sayesinde kullanıcı, geliştirme sürecinde ihtiyacına uygun programlama arayüzünü tercih edebilir. Kart; USB (DFU), ST-Link (SWD) ve UART (Bootloader) üzerinden yazılım yüklemeyi destekler.

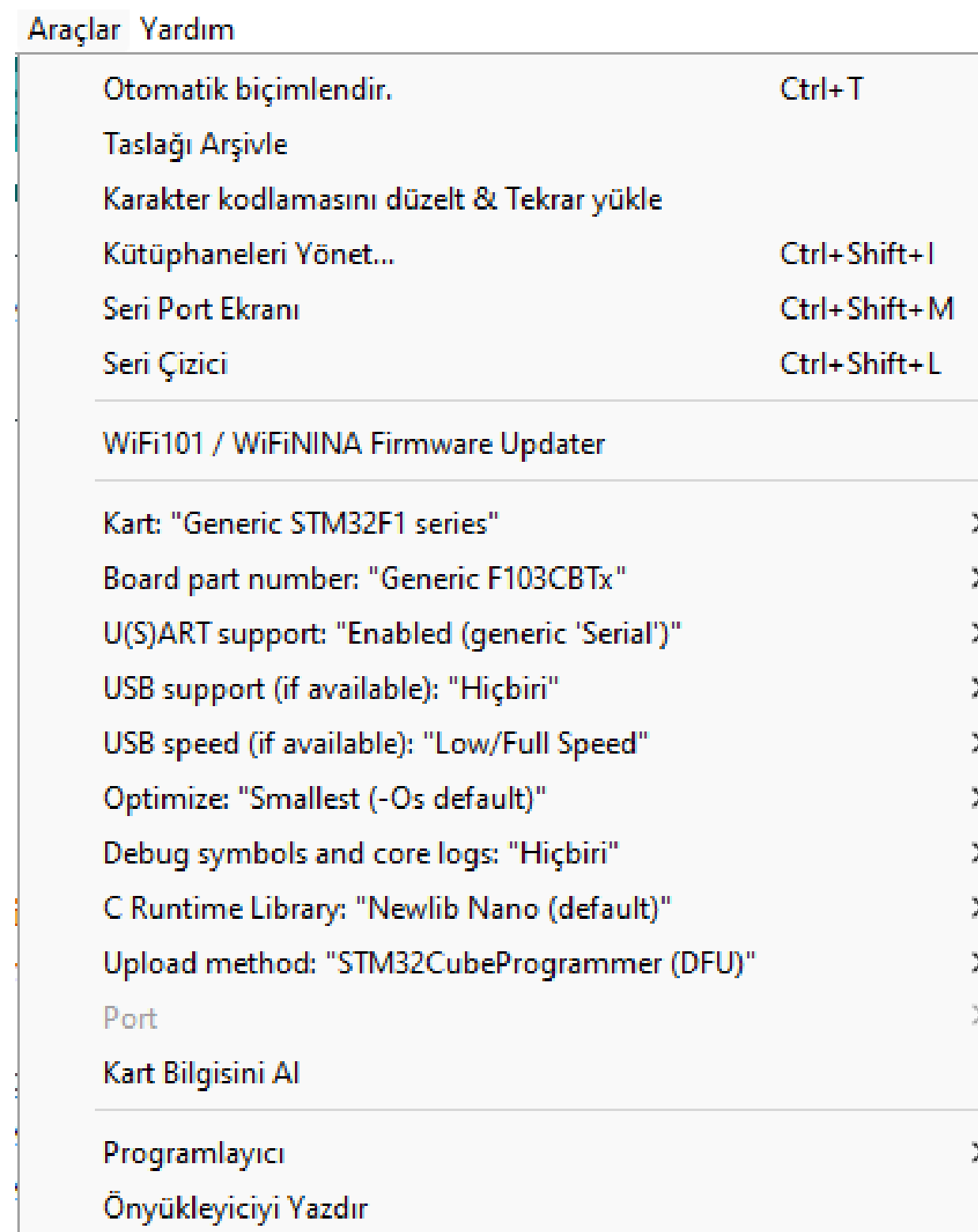
### 4.1 USB (DFU) Üzerinden Programlama

mBug Proto v2 geliştirme kartında kullanılan STM32F103CBT6 mikrodenetleyicisi, dahili ROM tabanlı DFU (Device Firmware Upgrade) bootloader desteğine sahiptir. Kart üzerinde USB hattı ve gerekli donanım altyapısı hazır olduğu için, kullanıcı herhangi bir ek donanım ayarı yapmadan USB üzerinden doğrudan programlama yapabilir.

USB (DFU) yöntemi, özellikle Arduino IDE kullanılarak hızlı geliştirme ve test amaçlı yazılım yükleme süreçleri için uygundur. Arduino IDE ile DFU üzerinden yazılım yüklenebilmesi için bilgisayarda STM32CubeProgrammer yazılımının kurulu olması gereklidir. Arduino IDE, yükleme işlemi arka planda bu yazılım aracılığıyla gerçekleştirir. STM32CubeProgrammer kurulumu için [tıklayınız](#).

Yine Arduino IDE üzerinde Dosya > Tercihler > Ek Kart URL kısmından aşağıdaki linki yapıştırarak MCU için gerekli dosyalar edinilmiş olur. URL eklendikten sonra Araçlar > Kart > Kart Yöneticisinde açılan panele "STM" yazdığınızda Arduino IDE 1.8.19 için 2.7.1 sürümünü, güncel Arduino IDE için ise en güncel STM32 sürümünü indirebilirsiniz. Eski Arduino yazılımında destek sonra erdiği için 2.7.1 sürümü üzerindeki kart kütüphaneleri çalışmayacaktır.

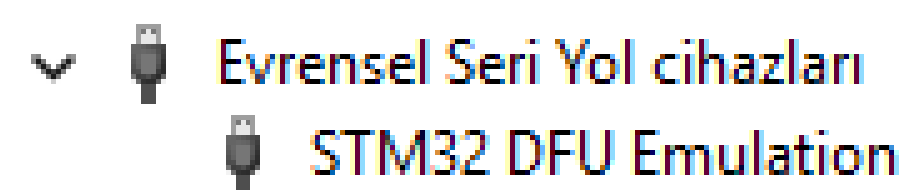
"[https://github.com/stm32duino/BoardManagerFiles/raw/main/package\\_stmicroelectronics\\_index.json](https://github.com/stm32duino/BoardManagerFiles/raw/main/package_stmicroelectronics_index.json) "



Görsel 5

USB kablosu bilgisayara bağlandığında, kart üzerinde daha önce yüklenmiş olan uygulama otomatik olarak çalışmaya başlar. Kullanıcı kart üzerindeki RESET butonuna bastığında mikrodenetleyici yeniden başlatılır ve DFU yükleme moduna girerek yeni yazılım yüklemeye hazır hale gelir. Bu sayede ek bir işlem yapılmadan, doğrudan Arduino IDE üzerinden programlama yapılabilir. Arduino IDE içerisinde STM32 kart desteği kurulduktan sonra Görsel 5'deki temel ayarların yapılması yeterlidir.

USB hattı yalnızca yazılım yükleme amacıyla değil, kullanıcı isterse uygulama çalışırken USB üzerinden UART (CDC – Virtual COM Port) haberleşmesi için de kullanılabilir. Bu özellik sayesinde harici bir USB–UART dönüştürücüye ihtiyaç duyulmadan seri haberleşme ve debug çıktıları alınabilir.



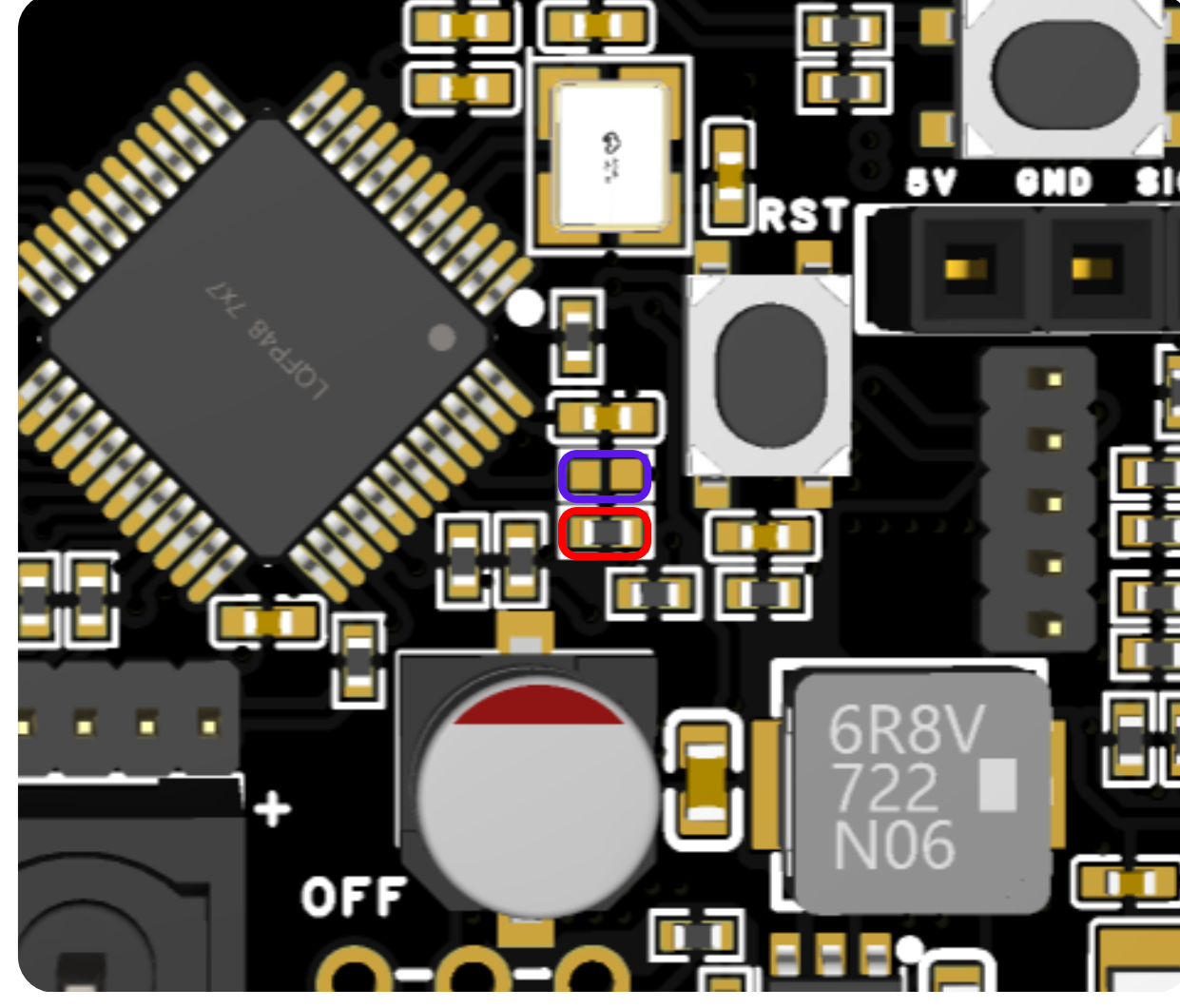
Görsel 6

Cihaz bilgisayara USB ile bağlandıktan sonra RESET butonuna basılıp çekildiğinde Bilgisayar aygıt yöneticisini açıp Görsel 6'daki "STM32 DFU Emulation" aygıtı gördüğünüzde donanımsal olarak mBug Proto v2 kartını programlamaya hazırsınız.

## 4.2 ST-Link (SWD) ve UART Üzerinden Programlama

mBug Proto v2 geliştirme kartı, USB (DFU) yöntemine ek olarak ST-Link (SWD) ve UART bootloader üzerinden de programlanabilir. Bu yöntemler farklı geliştirme ve kurtarma senaryoları için kullanıcıya esneklik sağlar.

ST-Link (SWD) ile programlama, mikrodenetleyiciye SWD arayüzü üzerinden doğrudan erişim sağlar ve en güvenilir yöntemdir. Bu yöntemde BOOT direnci ayarına müdahale edilmesine gerek yoktur; mikrodenetleyici her durumda Flash belleğe doğrudan programlanabilir. ST-Link yöntemi, yazılım yükleme işlemlerinin yanı sıra hata ayıklama (debug) yapılmasına da olanak tanır ve genellikle STM32CubeIDE veya STM32CubeProgrammer ile birlikte kullanılır.



Görsel 7

UART üzerinden programlama, STM32'nin dahili bootloader mekanizması kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde mikrodenetleyicinin bootloader modunda başlatılması gerekir. UART ile yazılım yükleme yapılacağı zaman Görsel 7'de bulunan MOR işaretli direnç KIRMIZI konuma alınmalı, yükleme tamamlandıktan sonra ise tekrar normal çalışma (MOR) konumuna geri getirilmelidir. UART yöntemi, USB veya ST-Link erişiminin mümkün olmadığı durumlarda alternatif veya kurtarma amaçlı kullanılabilir.

Genel olarak ST-Link yöntemi profesyonel geliştirme ve debug süreçleri için, UART yöntemi ise zorunlu veya alternatif durumlar için tercih edilmelidir.

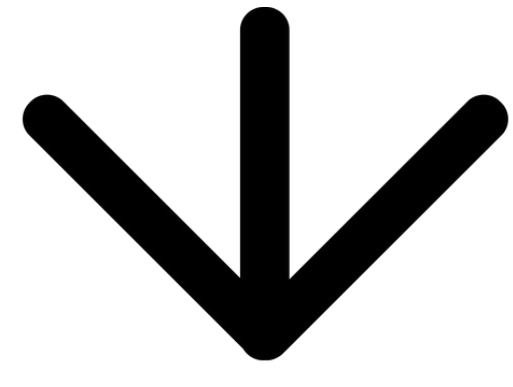
## 5 Güvenlik Uyarıları ve Kullanım Notları

- Kart, belirtilen besleme gerilimi ve akım sınırları dışında çalıştırılmamalıdır. Bu sınırların aşılması kart üzerindeki regülatörler ve motor sürücülerinde kalıcı hasara yol açabilir.
- Kart üzerinde ters polarite koruması bulunmamaktadır. Besleme bağlantısı yapılırken polarite mutlaka kontrol edilmelidir.
- Yüksek akım çekilen uygulamalarda motor sürücüler ısınabilir. Uzun süreli veya yüksek yük altında çalışmada yeterli havalandırma sağlanmalıdır.
- Kart kapalı bir muhafaza içerisine yerleştirildiğinde, hava sirkülasyonu engellenirse kartın çalışma karakteristiği değişebilir ve termal problemler oluşabilir.
- Harici motorlar veya endüktif yükler bağlanırken, kablo uzunlukları ve bağlantı kalitesi önemlidir. Uygun olmayan kablolama parazit, gerilim sıçramaları ve sürücü hasarına neden olabilir.
- Kart üzerinde kullanıcıya ayrılmış test noktaları bulunmamaktadır. Ölçümler doğrudan pinler veya konnektörler üzerinden yapılmalıdır.
- Kart, eğitim ve prototipleme amaçlıdır. Seri üretim veya kritik uygulamalarda kullanılmadan önce sistem seviyesinde ek koruma önlemleri alınmalıdır. Ani akım çekişlerinde oluşabilecek beklenmeyen durumlar için gözlük ve eldiven kullanılması önerilmektedir.

## 6 Teknik Sınırlar ve Sorumluluk Reddi

Bu kart, eğitim, prototipleme ve AR-GE amaçlı kullanım için tasarlanmıştır. Kritik, insan güvenliğini doğrudan etkileyen veya endüstriyel sertifikasyon gerektiren sistemlerde kullanımı önerilmez. Kart, belirtilen elektriksel ve çevresel sınırlar dışında çalıştırıldığında hasar görebilir ve bu durum kullanıcı sorumluluğundadır.

Kart üzerinde montaj, test, ölçüm veya harici besleme bağlantıları yapılırken temel iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır. Özellikle açık PCB üzerinde çalışılan durumlarda kısa devre, sıcak yüzeyler ve ani akım çekişlerine karşı koruyucu eldiven ve gözlük kullanılması önerilir.



[muhtarelc.com](http://muhtarelc.com)