

NAR-ESP32S3R16/32

Edge AI · Wireless · Audio · Sensor Fusion

ESP32-S3 + 32 MB Flash + 16 MB Octal PSRAM
AXP2101 PMIC | ES8311 Codec | ES7210 Mic ADC
ICM-42686 IMU | PCF85063 RTC | 21 × 27 mm LGA-68



ADVANCE INFORMATION

Bu belge nihai olmayan teknik bilgiler içerir. Elektriksel karakterizasyon ve sertifika numaraları için bench ölçümleri ve onay süreçleri devam etmektedir. Üretim öncesi son revizyon için info@corezzle.com ile iletişime geçin.

ÖZELLİKLER

İşlemci ve Bellek

- Espressif ESP32-S3, Xtensa LX7 çift çekirdek, 240 MHz
- 512 KB SRAM + 16 KB RTC SRAM (dahili)
- 16 MB Octal SPI PSRAM (paket içi)
- 32 MB QSPI NOR flash (GD25LQ256, paket içi)

Kablosuz Bağlantı

- Wi-Fi 4 (IEEE 802.11 b/g/n, 2,4 GHz)
- Bluetooth 5 LE + Mesh
- Dahili PCB anten veya u.FL harici (pin seçimli)

Güç Yönetimi (AXP2101)

- Tek-hücre Li-Ion/LiPo şarj kontrolcüsü
- 5 × DCDC + 4 × ALDO + 2 × BLDO rail
- I²C kontrol, OTP yapılandırma
- ADC: VBAT, VBUS, TS, sıcaklık

Ses ve Sensör

- ES8311 mono I²S codec — HP sürücü
- ES7210 4-kanal mikrofon ADC (TDM)
- ICM-42686-P 6-eksen IMU (gyro + accel)
- PCF85063ATL I²C RTC + 32,768 kHz

Arayüzler

- USB 2.0 OTG (PHY entegre, USBLC6 ESD)
- 2 × I²C, 3 × SPI, 3 × UART
- 2 × I²S, LCD/Camera paralel (16-bit)
- RMII Ethernet, SDIO, TWAI (CAN), USB-JTAG
- PWM, LEDC, RMT, ADC1/2 (12-bit)

Paket

- LGA-68, 21,0 × 27,0 mm, 1,9 mm yükseklik
- Castellated kenar (elle veya reflow montaj)
- Çalışma sıcaklığı: -40 °C – +85 °C **TBD** (kalibrasyon)
- RoHS uyumlu, Pb-free reflow profili (J-STD-020)

UYGULAMALAR

- Giyilebilir cihazlar (akıllı saat, fitness band)
- Sesli IoT asistanları, akıllı hoparlör
- Endüstriyel veri toplayıcı (DAQ)
- Araç takip ve telematik
- Bina otomasyonu, akıllı termostat
- Tıbbi monitör ve hasta takibi (sertifika dışı)
- Robotik sensör füzyonu
- Mesh ağ uç düğümü
- Battery-powered edge AI çıkarımı

GELİŞTİRME EKOSİSTEMİ

- Açık kaynak geliştirme kiti (Apache-2.0)
- ESP-IDF, Arduino-ESP32, MicroPython destek
- Çoklu RTOS örnekleri: FreeRTOS, Zephyr, NuttX
- Akıllı saat, araç takip, otomasyon referans uygulamaları
- GitLab CI üretici test yazılımı
- Repo: github.com/CorezzleElectronics/nar-esp32s3-devkit

PARÇA BİLGİSİ

Parça Numarası	NAR-ESP32S3R16/32-LGA68
Doküman Numarası	NAR-ESP32S3R16-DS-001
Revizyon	Rev. 0.1 ADVANCE INFORMATION
Yayın Tarihi	Mayıs 2026
Tedarikçi	Corezzle Elektronik A.Ş.

İçindekiler

1	Ürüne Genel Bakış	1
1.1	Ürün Tanımı	1
1.2	Hedef Pazarlar	1
1.3	Temel Avantajlar	1
1.4	Bu Belge Hakkında	2
1.4.1	Belge Yapısı	2
1.4.2	Belge Durumu	2
2	Blok Diyagram ve İç Mimari	3
2.1	Sistem Blok Diyagramı	3
2.2	İç Yongalar	3
2.3	Yonga Arası Bağlantı Topolojisi	3
2.3.1	Veri Yolları	3
2.3.2	Kesme ve Kontrol Hatları	4
2.4	Güç Mimarisi (Özet)	4
3	Pin Yapılandırması ve İşlevleri	6
3.1	Paket Pinout	6
3.2	Pin İşlev Tablosu	6
3.3	Pin Kategori Özeti	8
3.4	ESP32-S3 GPIO ↔ SiP Pin Matrisi	8
3.5	Bağlanmayan / Görünmeyen GPIO'lar	8
4	Elektriksel Karakteristikler	11
4.1	Mutlak Maksimum Değerler (Absolute Maximum Ratings)	11
4.2	Önerilen Çalışma Koşulları (Recommended Operating Conditions)	11
4.3	DC Karakteristikler	11
4.4	Güç Tüketimi	12
4.5	Sıfırlama ve Güç-Açma Sıralaması	12
4.5.1	Güç-Açma Sırası	12
4.5.2	Manuel Sıfırlama	13
4.5.3	Brown-Out Algılama	13
5	RF Özellikleri	14
5.1	Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n)	14
5.1.1	Genel Özellikler	14
5.1.2	TX Çıkış Gücü (Üreticinin nominal değerleri)	14
5.1.3	RX Duyarlılığı	15
5.2	Bluetooth 5 LE + Mesh	15
5.2.1	Genel Özellikler	15
5.2.2	TX Çıkış Gücü	15
5.2.3	RX Duyarlılığı	15
5.3	Anten Seçenekleri	16
5.3.1	Dahili PCB Anten	16
5.3.2	Harici u.FL / IPEX MHF1	16
5.4	Düzenleyici Sertifika Durumu	16

6	Paket İçi Çevre Yongaları	18
6.1	Audio Codec — ES8311	18
6.1.1	SiP Entegrasyon	18
6.1.2	Performans Özeti (Üretici Nominal)	18
6.2	Mikrofon ADC — ES7210	18
6.2.1	SiP Entegrasyon	19
6.2.2	Performans Özeti (Üretici Nominal)	19
6.3	IMU — ICM-42686-P	20
6.3.1	SiP Entegrasyon	20
6.3.2	Performans Özeti (Üretici Nominal)	20
6.4	RTC — PCF85063ATL	20
6.4.1	SiP Entegrasyon	21
6.4.2	Performans Özeti (Üretici Nominal)	21
6.5	Flash Bellek — GD25LQ256DWIGR	21
6.5.1	SiP Entegrasyon	21
6.5.2	Performans Özeti	21
6.6	USB-C ESD Koruma — USBLC6-2SC6	22
7	Güç Yönetimi ve Dağıtımı	23
7.1	AXP2101 PMIC — Genel Bakış	23
7.2	Giriş Spesifikasyonları	23
7.3	Rail Spesifikasyonları	23
7.3.1	Rail Performansı	24
7.4	Şarj Kontrolü	24
7.5	Power-Path	24
7.6	ADC Kanalları	24
7.7	Güç-Açma Sıralaması	25
8	Boot ve Programlama	26
8.1	Boot Akışı	26
8.2	Strap Pinleri	26
8.3	Download Mode (Programlama)	26
8.3.1	Otomatik Download	26
8.3.2	Manuel Download	27
8.4	USB-Serial-JTAG	27
8.5	eFuse Yapılandırması	27
8.6	Güvenlik Özellikleri	28
8.6.1	Secure Boot v2	28
8.6.2	Flash Encryption	28
8.6.3	HMAC ve Digital Signature Peripherals	28
8.7	Programlama Akışı	28
9	Mekanik Bilgileri	29
9.1	Paket Genel Açıklaması	29
9.2	Paket Boyutları (Nominal)	29
9.3	Pad Geometrisi	29
9.4	Mekanik Çizim	30
9.5	Önerilen Land Pattern (IPC-7351B)	30
9.6	Tape & Reel Bilgisi	30
9.7	Reflow Profili	30
9.7.1	Paket İçi Yonga Reflow Toleransları	31
9.7.2	Lehim Akı (Flux) Seçimi	31
9.8	Nem Hassasiyet Seviyesi (MSL)	32
9.9	ESD Bakımı	32

10 Uygulama Bilgisi	36
10.1 Referans Devre	36
10.2 Güç Beslemesi — Harici BoM	36
10.3 Anten Yerleşim Önerileri	37
10.3.1 Dahili PCB Anten (Varsayılan)	37
10.3.2 Harici u.FL / IPEX MHF1	37
10.4 Decoupling Stratejisi	37
10.5 Termal Dikkat Noktaları	37
10.6 EMI / EMC Tavsiyeleri	38
10.7 Yazılım Geliştirme	38
11 Sipariş Bilgisi	39
11.1 Mevcut Parça Numaraları	39
11.2 Parça Numarası Yapısı	39
11.3 Numune ve Değerlendirme	39
11.3.1 Mühendislik Numuneleri	39
11.3.2 Geliştirme Kiti	40
11.4 Teslim Süresi (Lead Time)	40
11.5 Kalite ve Test	40
11.6 Garanti	41
12 Revizyon Geçmişi	42
12.1 Revizyon Tablosu	42
12.2 Sürüm Seviyeleri	42
12.3 Sonraki Revizyonda Beklenenler	42
12.4 Güncelleme Bildirimi	43
13 Hukuki ve Uyumluluk	44
13.1 Yasal Yükümlülük Reddi	44
13.2 Üçüncü Taraf Yongaları	44
13.3 Patent ve Lisans Bildirimleri	44
13.4 İhracat Kontrolü	44
13.5 Geri Dönüşüm ve RoHS	44
13.6 İletişim	44
14 Üst Kaynak Datasheet'leri	45
14.1 Yonga Datasheet'leri	45
14.2 İlgili Espressif Dokümanları	46
14.3 Standartlar ve Yönetmelikler	46
14.4 Corezzle Dokümanları	46

BÖLÜM 1

Ürüne Genel Bakış

1.1 Ürün Tanımı

NAR-ESP32S3R16/32, Corezzle Elektronik A.Ş. tarafından üretilen, 21 × 27 mm boyutunda LGA-68 paket içinde tam fonksiyonlu bir **System-in-Package (SiP)** çözümdür. Espressif ESP32-S3 işlemcisi, 16 MB octal SPI PSRAM, 32 MB QSPI flash, X-Powers AXP2101 PMIC ve giyilebilir/IoT uygulamaları için kalibre edilmiş bir çevre yongası seti (audio codec, mikrofon ADC, IMU, RTC ve USB ESD koruma) tek bir paket içinde entegre edilmiştir.

Aşağı yukarı bir taşıyıcı modüle eşdeğer fonksiyonel yoğunluk sunarken, SiP düzeyinde RF kalibrasyonu, optimize edilmiş güç dağıtımı ve fabrika seviyesinde test ile birlikte tek bir parça numarası altında teslim edilir. Bu, tasarım döngüsünde RF sertifika geçişi, güç ağacı doğrulaması ve EMI/EMC kompanse etme yükünü ürünü kullanan ekipten alır.

1.2 Hedef Pazarlar

NAR-ESP32S3R16/32 genel amaçlı kablosuz uç düğüm olarak tasarlanmış olup özellikle aşağıdaki sınıflarda doğrudan kullanılmaya yöneliktir:

- Giyilebilir cihazlar (akıllı saat, fitness band, sağlık monitörü)
- Sesli IoT — akıllı hoparlör, sesli komut arayüzü
- Telematik ve araç takip
- Endüstriyel sensör/veri toplayıcı (DAQ)
- Bina otomasyonu — termostat, akıllı priz, gateway
- Battery-powered edge AI çıkarımı (TensorFlow Lite Micro, ESP-NN, dahili PSRAM ile)

1.3 Temel Avantajlar

Tek-paket entegrasyon

Espressif modüllerinin (ESP32-S3-WROOM-1) sunduğunun ötesinde, ses, sensör, RTC ve güç yönetimi tamamen entegre. Harici BoM yalnızca anten, USB konektörü, batarya ve gerekiyorsa mikrofon/hoparlör.

Dahili PMIC

AXP2101, Li-Ion/LiPo şarj kontrolü, beş DCDC ve altı LDO rail ile sistem genelinde güç ağacını yönetir. Harici şarj IC veya rail ayrımı gereksizdir.

Geliştirme ekosistemi

Apache-2.0 lisanslı açık kaynak geliştirme kiti, ESP-IDF tabanlı referans uygulamalar (akıllı saat, araç takip, ev otomasyonu) ve çoklu RTOS örnekleri (FreeRTOS, Zephyr, NuttX) ile teslim.

Üretim hazır

Castellated LGA kenarları sayesinde elle prototipleme veya pick-and-place SMT akışının her ikisinde de kullanılabilir. J-STD-020 reflow profili ile uyumlu.

1.4 Bu Belge Hakkında

Bu datasheet, paket içindeki her bir yonganın tam elektriksel datasheet'ini yeniden basmaz; bunun yerine *SiP-spesifik* elektriksel, mekanik ve uygulama parametrelerini detaylandırır. Her yonga için resmi üretici datasheet'i *üst kaynak* olarak referans edilir (bkz. chapter 14); bu sayede en güncel ve otoritatif teknik bilgiye doğrudan erişim sağlanır.

1.4.1 Belge Yapısı

Tablo 1.1. Datasheet bölümleri ve okuyucu kılavuzu.

Bölüm	Başlık	Hedef Okuyucu / İçerik
2	Blok Diyagram	Sistem mimarisini hızlı tanımak isteyen
3	Pin Yapılandırması	PCB tasarımcısı, yazılım geliştirici — 68-pin işlev ve GPIO matrisi
4	Elektriksel	Donanım tasarımcısı — AbsMax, RecOp, DC, güç tüketimi
5	RF	RF mühendisi, sertifika sorumlusu — Wi-Fi/BLE, anten
6	Çevre Yongaları	Yazılım geliştirici — I ² C adresleri, performans spec'leri
7	Güç Yönetimi	Donanım tasarımcısı — AXP2101 rail, şarj, ADC
8	Boot ve Programlama	Yazılım geliştirici — strap pinleri, eFuse, güvenlik
9	Mekanik	PCB tasarımcısı, üretim — paket boyutları, land pattern, reflow
10	Uygulama Bilgisi	Sistem tasarımcısı — referans devre, decoupling, anten layout
11	Sipariş Bilgisi	Tedarik sorumlusu — PN, numune, lead-time
12–14	Revizyon / Hukuki / Üst Kaynak	—

1.4.2 Belge Durumu

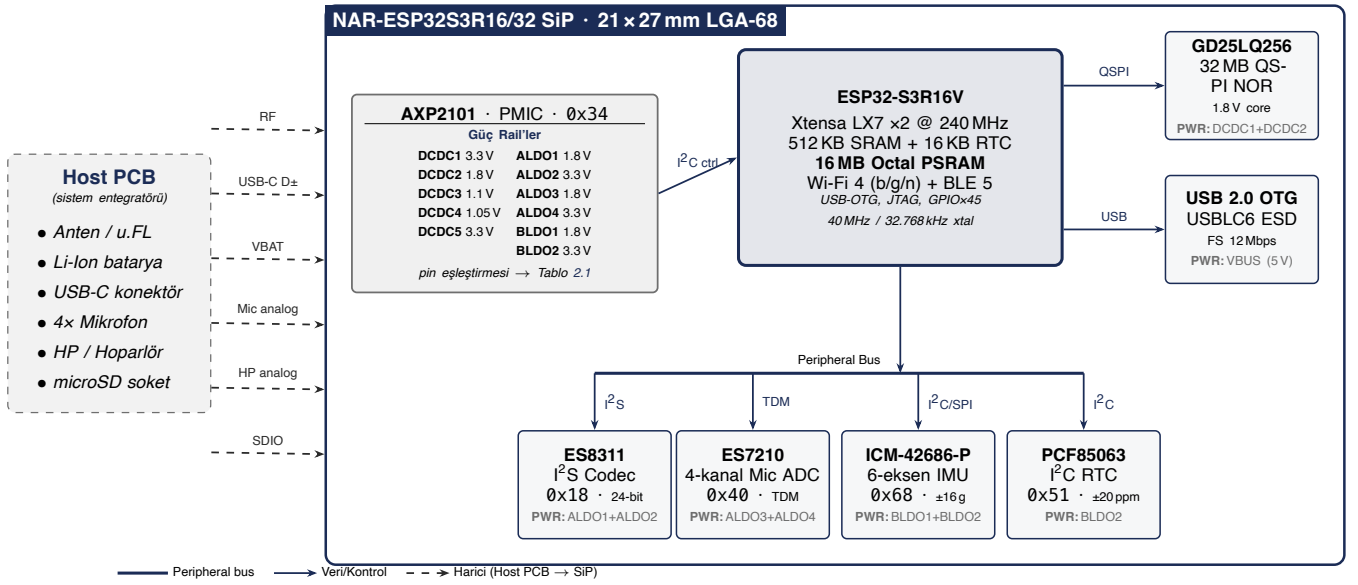
Bu belge Rev. 0.1 ADVANCE INFORMATION statüsündedir. Elektriksel karakterizasyon (bench ölçümleri), sertifika numaraları (CE, FCC, BLE SIG, Wi-Fi Alliance) ve final mekanik çizimler için ürün geliştirme süreci devam etmektedir. **TBD** işaretiyle ayrılmış alanlar üretim öncesi son revizyonda doldurulacaktır. Sürüm seviyeleri ve sonraki revizyon planı için chapter 12'a bakın.

BÖLÜM 2

Blok Diyagram ve İç Mimari

2.1 Sistem Blok Diyagramı

Figure 2.1 NAR-ESP32S3R16/32'nin paket içi sinyal akışını gösterir. Tüm yongalar AXP2101 PMIC tarafından üretilen rail'ler üzerinden beslenir; ESP32-S3 sistem ana denetleyicisi olarak hareket eder.



Şekil 2.1. NAR-ESP32S3R16/32 sistem blok diyagramı. Kalın bus çubuğu paylaşılan peripheral arayüzünü, ince oklar nokta-nokta veri/kontrol hatlarını, kesik gri oklar Host PCB bağlantılarını gösterir. I²C adresleri her bloğun altında 7-bit hex formatında. PMIC rail haritası Tablo 2.1'te detaylıdır.

2.2 İç Yongalar

Aşağıdaki tablo SiP içinde entegre edilmiş tüm aktif yongaları listeler. Her yonganın tam elektriksel datasheet'i üreticinin resmi sayfasında mevcuttur (chapter 14).

2.3 Yonga Arası Bağlantı Topolojisi

2.3.1 Veri Yolları

- **I²C_0 (sistem):** ESP32-S3 ↔ AXP2101, ICM-42686, PCF85063, ES8311, ES7210. Pull-up'lar paket içi (3,3 V rail).
- **I²S_0 (audio out):** ES8311 ile çift yönlü hoparlör/HP akışı.
- **TDM (audio in):** ES7210 4-kanal mikrofon akışı; ES8311 ile aynı bit clock paylaşımı opsiyonel.

Tablo 2.1. AXP2101 PMIC güç rail haritası. Her rail'in nominal voltajı, maksimum akım kapasitesi ve beslediği IC + pin adı. DCDC rail'ler yüksek akım dijital alanlar için, ALDO rail'ler analog ada beslemesi için, BLDO rail'ler bypass-mode düşük gürültü gerektiren bloklar için kullanılır. UVLO eşikleri ve sequencing detayı chapter 7'da.

Rail	Voltaj	Maks. akım	Beslediği bloklar (IC + pin)
DCDC (yüksek akım step-down dönüştürücüler)			
DCDC1	3,3 V	2,0 A	ESP32-S3 VDD3P3 + GD25LQ256 VCC + ICM-42686 VDDIO + PCF85063 VDD + sensör IO
DCDC2	1,8 V	2,0 A	ESP32-S3 VDD_SPI (1.8 V flash low-power mode) — veya yedek
DCDC3	1,1 V	2,0 A	ESP32-S3 VDDA_1P1 (CPU core takviye, internal LDO ile paylaşımlı)
DCDC4	1,05 V	1,5 A	Yedek (genişletilebilir core voltaj alanı)
DCDC5	3,3 V	1,0 A	Yedek (sensör analog ada / harici çevre)
ALDO (analog LDO, audio/sensör analog ada)			
ALDO1	1,8 V	300 mA	ES8311 DVDD (codec dijital ada)
ALDO2	3,3 V	300 mA	ES8311 AVDD + MVDD (codec analog + HP sürücü)
ALDO3	1,8 V	300 mA	ES7210 DVDD (mic ADC dijital ada)
ALDO4	3,3 V	300 mA	ES7210 AVDD (mic ADC analog ada)
BLDO (bypass LDO, düşük gürültü sensör ada)			
BLDO1	1,8 V	300 mA	ICM-42686-P VDDIO (IMU dijital arayüz, dropout-aware)
BLDO2	3,3 V	300 mA	ICM-42686-P RVDD + PCF85063 VBAT (sensör analog + RTC yedek)

Tablo 2.2. NAR-ESP32S3R16/32 paket içi yonga listesi.

Yonga	Üretici	İşlev	Arayüz
ESP32-S3R16V	Espressif	Çift çekirdek LX7 MCU + 16 MB octal PSRAM + Wi-Fi/BLE	Anlık SoC
GD25LQ256DWIGR	GigaDevice	32 MB QSPI NOR flash	QSPI
AXP2101	X-Powers	Çok-rail PMIC + Li-Ion şarj	I ² C
ES8311	Everest Semi	Mono I ² S audio codec + HP	I ² S + I ² C
ES7210	Everest Semi	4-kanal mikrofon ADC (TDM)	TDM + I ² C
ICM-42686-P	TDK InvenSense	6-eksen IMU (gyro + accel)	I ² C/SPI
PCF85063ATL	NXP	I ² C RTC + 32,768 kHz osilatör	I ² C
USBLC6-2SC6	ST	USB-C ESD koruma (TVS)	USB D+/D-

- **QSPI (flash):** GD25LQ256, ESP32-S3'ün entegre QSPI flash arayüzüne bağlı (kalibre edilmiş).
- **USB 2.0:** ESP32-S3 dahili PHY, USBLC6 üzerinden paket dışına çıkartılır.

2.3.2 Kesme ve Kontrol Hatları

ICM-42686, PCF85063 ve AXP2101'in INT pinleri ESP32-S3'ün GPIO girişlerine bağlanır; bu sayede tüm çevre birimleri düşük güçte event-driven uyarı sağlayabilir. Detaylı pin ataması için chapter 3'e bakın.

2.4 Güç Mimarisi (Özet)

AXP2101, USB VBUS (5 V) veya tek hücre Li-Ion (3,0–4,2 V) girişinden besleme alır ve sistem rail'lerini üretir:

- **DCDC1:** 3,3 V sistem rail (ESP32-S3, flash, IMU, RTC)
- **DCDC2–5:** kullanıcı yapılandırılmalı yardımcı rail'ler

- **ALDO1–4, BLDO1–2:** analog/dijital ada beslemeleri, kart üstü periferik için ayrı LDO'lar

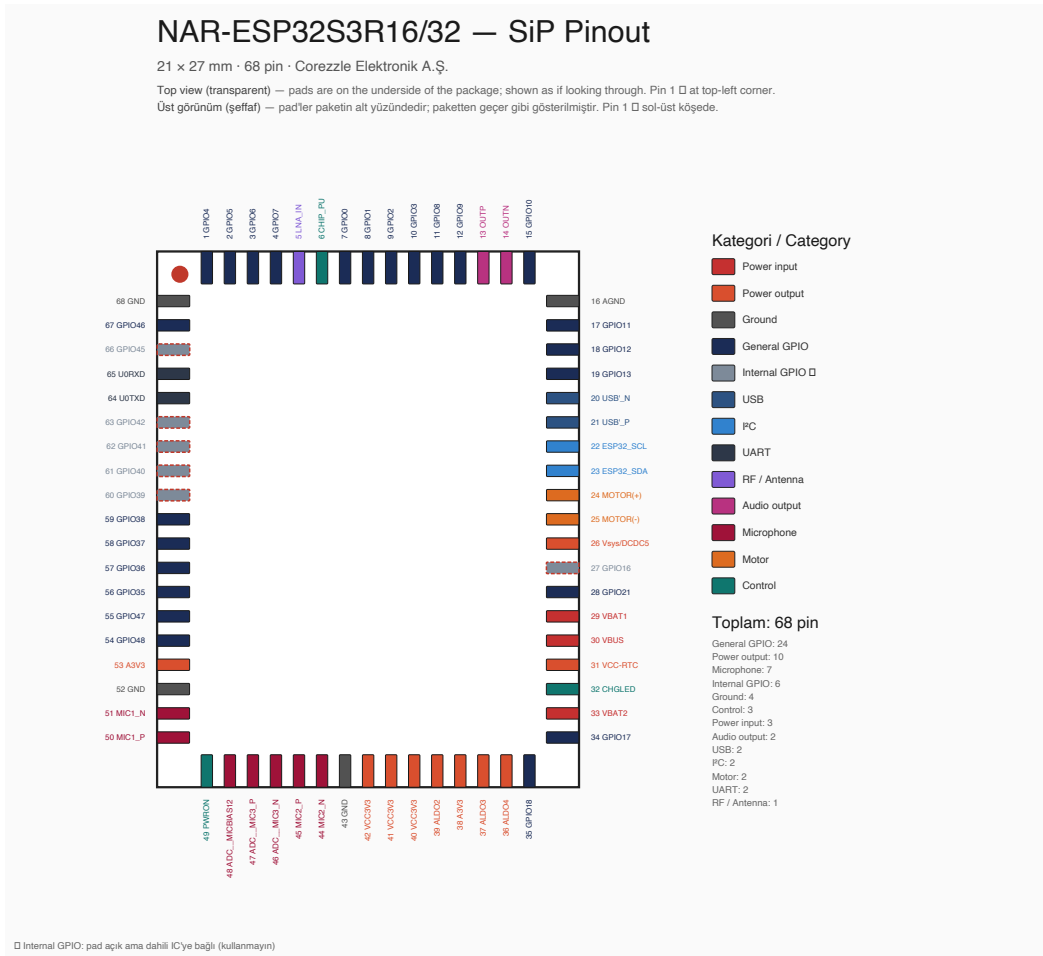
Tam rail haritalaması ve akım kapasiteleri chapter 7'da verilmiştir.

BÖLÜM 3

Pin Yapılandırması ve İşlevleri

3.1 Paket Pinout

Figure 3.1 68-pin LGA paket çiziminin üstten görünümünü gösterir. Pad'ler paketin altındadır; çizim şeffaf olarak modellenmiştir. Pin 1 sol-üst köşededir (kırmızı işaretçi). Pin numaralandırma saat yönünün tersinde ilerler.



Şekil 3.1. NAR-ESP32S3R16/32 68-pin LGA pinout (üstten görünüş, şeffaf). Pin 1 sol-üst köşede kırmızı işaretçi ile belirtilmiştir. Renkler pin kategorisini gösterir (güç, GPIO, USB, I²C, UART, RF, audio, mikrofön, motor, kontrol).

3.2 Pin İşlev Tablosu

Table 3.1 her bir pinin birincil işlevini, tipini ve paket içi/dışı bağlantısını listeler. Tam alternatif fonksiyon matrisi için ESP32-S3 datasheet'ine bakın (chapter 14).

Tablo 3.1. NAR-ESP32S3R16/32 68-pin işlev tablosu

Pin	İsim	Tip	İşlev / Bağlantı
1	GPIO4	GPIO	ADC1_CH3, Touch4
2	GPIO5	GPIO	ADC1_CH4, Touch5
3	GPIO6	GPIO	ADC1_CH5, Touch6
4	GPIO7	GPIO	ADC1_CH6, Touch7
5	LNA_IN	RF	2,4 GHz anten girişi (PCB veya u.FL)
6	CHIP_PU	Kontrol	Sistem enable / reset (AXP2101 PWRON ile bağlı)
7	GPIO0	GPIO	Boot strap — LOW ⇒ download mode
8	GPIO1	GPIO	ADC1_CH0, Touch1
9	GPIO2	GPIO	ADC1_CH1, Touch2
10	GPIO3	GPIO	ADC1_CH2, Touch3
11	GPIO8	GPIO	ADC1_CH7, Touch8
12	GPIO9	GPIO	ADC1_CH8, Touch9
13	OUTP	Ses çıkışı	ES8311 hoparlör/HP çıkışı (+)
14	OUTN	Ses çıkışı	ES8311 hoparlör/HP çıkışı (–)
15	GPIO10	GPIO	ADC1_CH9, Touch10
16	AGND	Toprak	Analog toprak (ses zinciri)
17	GPIO11	GPIO	ADC2_CH0, Touch11
18	GPIO12	GPIO	ADC2_CH1, Touch12
19	GPIO13	GPIO	ADC2_CH2, Touch13
20	USB_DN	USB	USB 2.0 D– (USBL6-2SC6 ESD korumalı)
21	USB_DP	USB	USB 2.0 D+ (USBL6-2SC6 ESD korumalı)
22	SCL	I ² C	Sistem I ² C saat (PMIC + codec + mic ADC + RTC + IMU)
23	SDA	I ² C	Sistem I ² C veri (paylaşımli)
24	MOTOR+	Aktüatör	Vibrasyon motoru anot (MMBT3904 sürücü)
25	MOTOR–	Aktüatör	Vibrasyon motoru katot (GND'ye anahtarlanır)
26	Vsys/DCDC5	Güç çık.	AXP2101 sistem rayı / DCDC5
27	GPIO16 ⁽¹⁾	GPIO	Dahili I ² S BCK (ES8311 + ES7210 paylaşımli)
28	GPIO21	GPIO	Genel kullanım veya IMU/RTC/SD INT/CS
29	VBAT1	Güç giriş	Li-Ion/LiPo batarya girişi (AXP2101)
30	VBUS	Güç giriş	USB-C 5 V girişi (AXP2101)
31	VCC-RTC	Güç çık.	RTC backup beslemesi (PCF85063)
32	CHGLED	Kontrol	AXP2101 şarj LED çıkışı
33	VBAT2	Güç giriş	Batarya girişi 2 (AXP2101 paralel)
34	GPIO17	GPIO	ADC2_CH6, Touch14
35	GPIO18	GPIO	Genel kullanım veya IMU/RTC/SD INT/CS
36	ALDO4	Güç çık.	AXP2101 ALDO4 (yapılandırılabilir)
37	ALDO3	Güç çık.	AXP2101 ALDO3 (analog — IMU/RTC)
38	A3V3	Güç çık.	Analog 3,3 V (ES8311 + ES7210)
39	ALDO2	Güç çık.	AXP2101 ALDO2 (analog)
40	VCC3V3	Güç çık.	Sistem 3,3 V dijital (DCDC1)
41	VCC3V3	Güç çık.	Sistem 3,3 V dijital (DCDC1)
42	VCC3V3	Güç çık.	Sistem 3,3 V dijital (DCDC1)
43	GND	Toprak	Sistem toprağı
44	MIC2_N	Mikrofon	ES7210 MIC2 kanalı (–, diferansiyel)

sonraki sayfada devam

(devam)

Pin	İsim	Tip	İşlev / Bağlantı
45	MIC2_P	Mikrofon	ES7210 MIC2 kanalı (+, diferansiyel)
46	MIC3_N	Mikrofon	ES7210 MIC3 kanalı (-)
47	MIC3_P	Mikrofon	ES7210 MIC3 kanalı (+)
48	MICBIAS12	Bias	ES7210 mikrofon bias (MIC1/MIC2)
49	PWRON	Kontrol	AXP2101 power-on button girişi
50	MIC1_P	Mikrofon	ES7210 MIC1 kanalı (+)
51	MIC1_N	Mikrofon	ES7210 MIC1 kanalı (-)
52	GND	Toprak	Sistem toprağı
53	A3V3	Güç çık.	Analog 3,3 V (ikinci pad)
54	GPIO48	GPIO	Yüksek-hızlı dijital
55	GPIO47	GPIO	Yüksek-hızlı dijital
56	GPIO35	GPIO	Yüksek-hızlı dijital
57	GPIO36	GPIO	Yüksek-hızlı dijital
58	GPIO37	GPIO	Yüksek-hızlı dijital
59	GPIO38	GPIO	Yüksek-hızlı dijital
60	GPIO39 ⁽¹⁾	GPIO	Dahili — ICM-42686 INT1
61	GPIO40 ⁽¹⁾	GPIO	Dahili — ES8311 I ² S aux
62	GPIO41 ⁽¹⁾	GPIO	Dahili — I ² S WS/LRCK (ES8311 + ES7210 paylaşımı)
63	GPIO42 ⁽¹⁾	GPIO	Dahili — ES7210 kontrol
64	U0TXD	UART	ESP32-S3 U0TXD (GPIO43) — boot log + programlama
65	U0RXD	UART	ESP32-S3 U0RXD (GPIO44) — programlama
66	GPIO45 ⁽¹⁾	GPIO	Dahili — I ² S DATA (TDM paylaşımı)
67	GPIO46	GPIO	Boot strap, genel kullanım
68	GND	Toprak	Sistem toprağı

Not (1): Dahili kullanım. Bu pinler paket dışına pad olarak getirilmiş olmasına rağmen paket içi yongalar tarafından kullanılır. Harici sürüş veya yüklem önerilmez; test/debug için erişilebilir bırakılmıştır.

3.3 Pin Kategorisi Özeti

Table 3.2 pinleri işlevsel kategorilere göre gruplar; sistem tasarımcısı için hızlı referans sağlar.

3.4 ESP32-S3 GPIO ↔ SiP Pin Matrisi

Table 3.3 ESP32-S3'ün her GPIO'sunun SiP pininde nereye karşılık geldiğini ve paket içi bir yongaya bağlı olup olmadığını gösterir. Yazılım geliştirici için kritik referans.

3.5 Bağlanmayan / Görünmeyen GPIO'lar

ESP32-S3 toplamda 45 GPIO'ya sahip olsa da NAR-ESP32S3R16/32 paket dış pin sayımında bazıları görünmez:

- **GPIO14, GPIO15:** Yalnızca dahili — ES8311 codec ile I²S MCLK ve aux sinyalleri için kullanılır. Paket dışına çıkmaz.

Tablo 3.2. Pin kategori özeti.

Kategori	Pin'ler	Adet
Genel kullanım GPIO	1–4, 7–12, 15, 17–19, 28, 34, 35, 54–59, 67	22
Dahili GPIO ⁽¹⁾	27, 60–63, 66	6
USB 2.0	20, 21	2
I ² C sistem	22, 23	2
UART (boot)	64, 65	2
RF / anten	5	1
Kontrol (reset/IRQ/LED)	6, 32, 49	3
Ses çıkışı (codec)	13, 14	2
Mikrofon girişi (ADC)	44–48, 50, 51	7
Motor sürücü	24, 25	2
Güç çıkışları (rail)	26, 31, 36–42, 53	11
Güç girişleri	29, 30, 33	3
Toprak	16, 43, 52, 68	4
	Toplam	68

- **GPIO22–GPIO34:** ESP32-S3'te bu numaralar mevcut değildir (PSRAM tarafından rezerve edilmiştir).
- **GPIO19, GPIO20:** USB-C D–/D+ olarak yönlendirilir; ayrı dijital GPIO olarak erişilemez.

Tablo 3.3. ESP32-S3 GPIO — SiP pin eşleştirmesi.

GPIO	SiP Pin	Yön	Bağlı Yonga	Fonksiyon
0	7	I/O	—	Boot strap, ADC1_CH0
1	8	I/O	—	ADC1_CH0, Touch1
2	9	I/O	—	ADC1_CH1, Touch2
3	10	I/O	—	ADC1_CH2, Touch3
4	1	I/O	—	ADC1_CH3, Touch4
5	2	I/O	—	ADC1_CH4, Touch5
6	3	I/O	—	ADC1_CH5, Touch6
7	4	I/O	—	ADC1_CH6, Touch7
8	11	I/O	—	ADC1_CH7, Touch8
9	12	I/O	—	ADC1_CH8, Touch9
10	15	I/O	—	ADC1_CH9, Touch10
11	17	I/O	—	ADC2_CH0, Touch11
12	18	I/O	—	ADC2_CH1, Touch12
13	19	I/O	—	ADC2_CH2, Touch13
14	—	OUT	ES8311	I ² S MCLK (dış pad yok)
15	—	I/O	ES8311	I ² S aux (dış pad yok)
16	27	OUT	ES8311+ES7210	I ² S BCK paylaşımı ⁽¹⁾
17	34	I/O	—	ADC2_CH6, Touch14
18	35	I/O	IMU/RTC/SD	INT/CS sayfa-dahili
19	20	I/O	USB-C	USB D–
20	21	I/O	USB-C	USB D+
21	28	I/O	IMU/RTC/SD	INT/CS sayfa-dahili
22–34	—	—	—	Mevcut değil (PSRAM rezerve)
35	56	I/O	—	Yüksek-hızlı dijital
36	57	I/O	—	Yüksek-hızlı dijital
37	58	I/O	—	Yüksek-hızlı dijital
38	59	I/O	—	Yüksek-hızlı dijital
39	60	I/O	IMU/RTC	INT1 sayfa-dahili ⁽¹⁾
40	61	I/O	ES8311	I ² S aux ⁽¹⁾
41	62	I/O	ES8311+ES7210	I ² S WS/LRCK ⁽¹⁾
42	63	I/O	ES7210	Mic ADC kontrol ⁽¹⁾
43	64	OUT	UART0	TXD0
44	65	IN	UART0	RXD0
45	66	I/O	ES8311+ES7210	I ² S DATA TDM ⁽¹⁾
46	67	I/O	—	Boot strap, genel
47	55	I/O	—	Yüksek-hızlı dijital
48	54	I/O	—	Yüksek-hızlı dijital

BÖLÜM 4

Elektriksel Karakteristikler

4.1 Mutlak Maksimum Değerler (Absolute Maximum Ratings)

Uyarı: Bu değerlerin aşılması cihazın kalıcı hasarına yol açabilir. Bu yalnızca dayanım sınırlarını ifade eder; cihazın işlevsel çalışması bu değerlerde **garanti edilmez**. Çalışma koşulları için section 4.2'a bakın.

Aşağıdaki değerler paket içi yongaların datasheet'lerindeki en *konservatif* (en kısıtlayıcı) sınıra dayanır. Daha geniş sınırlar için ilgili üst kaynak datasheet'ine başvurun.

Tablo 4.1. Mutlak maksimum değerler (paket pinlerinde, GND'ye göre).

Sembol	Parametre	Min	Maks	Birim
V_{VBUS}	USB VBUS girişi (AXP2101)	-0,3	+6,0	V
V_{BAT}	Batarya girişi VBAT1/2 (AXP2101)	-0,3	+4,5	V
V_{DD33}	Sistem 3,3 V rail (VCC3V3)	-0,3	+3,6	V
V_{IO}	GPIO sürüş gerilimi	-0,3	$V_{DD} + 0,3$	V
$I_{IO,pin}$	GPIO sürekli akım (her pin)	—	± 40	mA
$I_{IO,tot}$	GPIO toplam akım (tüm pinler)	—	± 100	mA
T_a	Çalışma ortam sıcaklığı	-40	+85	°C
T_{stg}	Saklama sıcaklığı	-65	+150	°C
T_j	Birleşim sıcaklığı (junction)	—	+125	°C
T_{sol}	Lehim tepe sıcaklığı (J-STD-020)	—	+260	°C
ΔT_{sol}	Lehim tepe süresi (20–40 s)	—	40	s
$V_{ESD,HBM}$	ESD Human Body Model (JS-001)	—	± 2	kV
$V_{ESD,CDM}$	ESD Charged Device Model (JS-002)	—	± 500	V

USB hatları (D+, D-) USBLC6-2SC6 TVS dizisi sayesinde IEC 61000-4-2 seviye 4 (± 15 kV temas, ± 25 kV hava) ESD'ye dayanır.

4.2 Önerilen Çalışma Koşulları (Recommended Operating Conditions)

4.3 DC Karakteristikler

DC karakteristikler, ESP32-S3'ün dış paket pinleri için geçerlidir ($V_{DD33} = 3,3$ V, $T_a = +25$ °C, aksi belirtilmedikçe).

Üst Kaynak Datasheet — ESP32-S3R16V

Tam DC, AC ve elektriksel parametreler (timing diyagramları, drive strength seçenekleri, slew rate kontrolü dahil) için Espressif ESP32-S3 datasheet'inin Bölüm 4 (Electrical Characteristics) kısmına bakın:

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_datasheet_en.pdf

Tablo 4.2. Önerilen çalışma koşulları.

Sembol	Parametre	Min	Tip	Maks	Birim
V_{VBUS}	USB VBUS	4,40	5,00	5,50	V
V_{BAT}	Li-Ion hücre	3,00	3,70	4,20	V
V_{DD33}	3,3 V sistem rail (DCDC1)	3,20	3,30	3,40	V
V_{A33}	3,3 V analog rail (ALDO2/3)	3,20	3,30	3,40	V
V_{BLDO}	1,8 V kalıcı rail (BLDO1)	1,71	1,80	1,89	V
T_a	Çalışma ortam sıcaklığı	-40	+25	+85	°C
$T_{a,RF}$	Çalışma sıcaklığı (RF performans)	-20	+25	+70	°C
f_{CPU}	ESP32-S3 CPU saati	80	240	240	MHz
f_{flash}	QSPI flash saati (DTR)	—	80	120	MHz

Tablo 4.3. GPIO DC karakteristikleri.

Sembol	Parametre	Min	Tip	Maks	Birim
V_{IH}	Giriş yüksek seviye eşiği	$0,75 V_{DD}$	—	—	V
V_{IL}	Giriş düşük seviye eşiği	—	—	$0,25 V_{DD}$	V
V_{OH}	Çıkış yüksek seviye gerilimi	$0,8 V_{DD}$	—	—	V
V_{OL}	Çıkış düşük seviye gerilimi	—	—	$0,1 V_{DD}$	V
I_{OH}	Çıkış kaynak akımı (high-drive)	—	20	40	mA
I_{OL}	Çıkış akım çekişi (high-drive)	—	28	40	mA
I_{IL}	Giriş kaçak akımı	—	—	± 50	nA
R_{PU}	Dahili pull-up direnci	—	45	—	k Ω
R_{PD}	Dahili pull-down direnci	—	45	—	k Ω
C_{IN}	Giriş kapasitansı	—	2	—	pF

4.4 Güç Tüketimi

Aşağıdaki değerler $V_{BAT} = 3,7 V$, $T_a = +25 ^\circ C$, DCDC1 = 3,3 V koşullarında ölçülecek. Table 4.4 bench karakterizasyonu için yapılandırma alanlarını içerir.

TBD (Tüm güç değerleri bench karakterizasyonu sonucunda güncellenecektir.)

4.5 Sıfırlama ve Güç-Açma Sıralaması

4.5.1 Güç-Açma Sırası

Sistem güç açma sıralaması AXP2101 PMIC tarafından otomatik yönetilir. Tipik akış:

- Güç girişi tespiti:** AXP2101, VBUS (5 V) veya VBAT (Li-Ion) varlığını algılar.
- Fault kontrolü:** OVP, OTP, OCP koruyucu kontrolleri.
- Soft-start:** DCDC1 (3,3 V) ramp-up (tip. **TBD** ms).
- Sıralı rail enable:** ALDO1–4, BLDO1–2 sırayla aktif edilir.
- CHIP_PU release:** Tüm rail'ler stabil olduktan sonra ESP32-S3'ün CHIP_PU pini serbest bırakılır (LOW → HIGH).

Tablo 4.4. Tipik güç tüketimi profilleri (bench ölçümü bekleniyor).

Mod	Tip	Maks	Birim
Wi-Fi TX (peak, +20 dBm, 11b)	TBD	TBD	mA
Wi-Fi TX (ortalama, 11n MCS7)	TBD	TBD	mA
Wi-Fi RX	TBD	TBD	mA
BLE TX (peak, +9 dBm, 1 Mbps)	TBD	TBD	mA
BLE 5 advertising (1 s aralık)	TBD	TBD	μ A
Modem-sleep (CPU 240 MHz, RF kapalı)	TBD	TBD	mA
Modem-sleep (CPU 80 MHz, RF kapalı)	TBD	TBD	mA
Light-sleep	TBD	TBD	μ A
Deep-sleep (RTC + ULP)	TBD	TBD	μ A
Hibernation (yalnız RTC + PMIC)	TBD	TBD	μ A

6. **ESP32-S3 boot:** ROM bootloader → ikinci seviye bootloader → uygulama.

TBD (Detaylı power-up timing diyagramı (rail ramp süreleri, EN deassert gecikmesi, boot süresi) bench ölçümünden sonra eklenecektir.)

4.5.2 Manuel Sıfırlama

CHIP_PU pini (Pin 6) sistem reset hattıdır. Bu pin LOW seviyeye ≥ 1 ms süreyle çekilirse ESP32-S3 sıfırlanır. AXP2101'in PWRON (Pin 49) butonu üzerinden uzun basma (varsayılan 4 s) ile sistem güç kesimi tetiklenebilir.

4.5.3 Brown-Out Algılama

ESP32-S3'ün dahili brown-out detector'ı V_{DD33} gerilimini izler; programlanabilir eşik altına düşerse sistem sıfırlanır. Varsayılan eşik 2,43 V, programlanabilir aralık 2,13–2,82 V.

BÖLÜM 5

RF Özellikleri

NAR-ESP32S3R16/32 paket içine entegre 2,4 GHz radyo, ESP32-S3'ün dahili PA/LNA bloğu üzerinden çalışır. Aşağıdaki tüm değerler $V_{BAT} = 3,7\text{ V}$, $T_a = +25\text{ °C}$, $50\ \Omega$ load koşulunda geçerlidir. Aşağıdaki nominal değerler referans olarak listelenmiştir; final değerler anekoik oda ölçümünden sonra güncellenecektir.

5.1 Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n)

5.1.1 Genel Özellikler

Tablo 5.1. Wi-Fi 2,4 GHz genel özellikleri.

Özellik	Değer
Standart	IEEE 802.11 b/g/n
Frekans bandı	2,412 – 2,484 GHz (kanal 1–14, lokasyona bağlı)
Kanal aralığı	5 MHz (kanal 1–13), 12 MHz (kanal 14)
Modülasyon	DSSS (11b), OFDM (11g/n), CCK
HT modu	20 MHz, kısa/uzun GI
Maks. veri hızı	72,2 Mbps (802.11n MCS7, 20 MHz, kısa GI)
Şifreleme	WPA / WPA2 / WPA3 / WEP
Modlar	STA, AP, STA+AP, Mesh, Promiscuous

5.1.2 TX Çıkış Gücü (Üreticinin nominal değerleri)

Tablo 5.2. Wi-Fi TX çıkış gücü (ESP32-S3 nominal, paket içi PA, anten girişinde ölçülecek).

Mod	Veri Hızı	Nominal (dBm)	Tolerans (dB)
802.11b	1 Mbps DSSS	+21,0	±1,5
802.11b	11 Mbps DSSS	+20,5	±1,5
802.11g	6 Mbps OFDM	+20,0	±1,5
802.11g	54 Mbps OFDM	+18,0	±1,5
802.11n HT20	MCS0	+19,5	±1,5
802.11n HT20	MCS7	+16,0	±1,5

TBD (Final değerler anekoik oda ölçümü ile güncellenecektir.)

Tablo 5.3. Wi-Fi alıcı duyarlılığı (ESP32-S3 nominal).

Mod	Veri Hızı / PER	Duyarlılık (dBm)
802.11b	1 Mbps, PER \leq 8%	-97,0
802.11b	11 Mbps, PER \leq 8%	-89,0
802.11g	6 Mbps, PER \leq 10%	-93,0
802.11g	54 Mbps, PER \leq 10%	-75,0
802.11n HT20	MCS0, PER \leq 10%	-92,0
802.11n HT20	MCS7, PER \leq 10%	-72,5

5.1.3 RX Duyarlılığı

5.2 Bluetooth 5 LE + Mesh

5.2.1 Genel Özellikler

Tablo 5.4. Bluetooth 5 LE genel özellikleri.

Özellik	Değer
Sürüm	Bluetooth 5,0 LE
PHY desteği	1 Mbps, 2 Mbps, Coded (S =2, S =8)
Roller	Master, Slave, Broadcaster, Observer, eş zamanlı
Topoloji	Point-to-point, Mesh, Star
Maks. payload (LE 2M)	251 bayt
Adv. paket boyutu	31 / 255 bayt (legacy / extended)
Frekans atlamaları	40 kanal, 2 MHz aralık

5.2.2 TX Çıkış Gücü

Tablo 5.5. BLE TX çıkış gücü (ESP32-S3 nominal).

PHY	Konfigürasyon	Nominal (dBm)	Tolerans (dB)
1 Mbps	High power	+18,0	$\pm 1,5$
1 Mbps	Normal	+9,0	$\pm 1,5$
2 Mbps	High power	+18,0	$\pm 1,5$
Coded (S =2)	Long-range	+17,5	$\pm 1,5$
Coded (S =8)	Long-range	+17,0	$\pm 1,5$

5.2.3 RX Duyarlılığı

TBD (Final değerler aneikoik oda ölçümü ile güncellenecektir.)

Tablo 5.6. BLE alıcı duyarlılığı (ESP32-S3 nominal).

PHY	Koşul	Duyarlılık (dBm)
1 Mbps	$BER \leq 10^{-3}$, dirty TX off	-97,0
2 Mbps	$BER \leq 10^{-3}$, dirty TX off	-94,0
Coded (S =2)	$BER \leq 10^{-3}$, FEC	-99,0
Coded (S =8)	$BER \leq 10^{-3}$, FEC	-103,0

5.3 Anten Seçenekleri

NAR-ESP32S3R16/32 iki anten konfigürasyonunu destekler:

5.3.1 Dahili PCB Anten

Paket üzerinde gömülü PIFA tipi anten; harici bileşen gerektirmez. Anten girişi (Pin 5, LNA_IN) paket içinde anten yapısına yönlendirilmiştir. Bu mod, geliştirme süreçlerinin büyük çoğunluğu için yeterlidir.

- Tip: PIFA (Planar Inverted-F)
- Polarizasyon: Lineer
- Anten kazancı (peak): **TBD** dBi
- Empedans: 50Ω

5.3.2 Harici u.FL / IPEX MHF1

Pin yapılandırması ile RF çıkışı paket dışına yönlendirilebilir (üretim sırasında seçim; alan değişikliği yok). Bu modda geliştirici kendi anten tasarımını ekler; sertifika yeniden değerlendirme gerektirir.

TBD (Anten kazancı, yön diyagramı ve toplam radyasyon verimi (η_{rad}) anekoik oda ölçümlerinden sonra eklenecektir.)

5.4 Düzenleyici Sertifika Durumu

Tablo 5.7. Düzenleyici sertifika hedefleri (planlı, beklemede).

Bölge	Sertifika	Durum
AB	CE-RED (EN 300 328, EN 301 489-17)	TBD Q3 2026
ABD	FCC Part 15.247 / Part 15B	TBD Q3 2026
Kanada	ISED RSS-247	TBD Q3 2026
Japonya	MIC (Giteki)	TBD Q4 2026
Bluetooth SIG	Declaration ID (BLE 5)	TBD Q3 2026
Wi-Fi Alliance	Wi-Fi CERTIFIED	TBD Q4 2026

TBD (Sertifika numaraları (FCC ID, IC ID, MIC numarası, Bluetooth Declaration ID, CE notified body referansı) onay sürecinden sonra eklenecek.)

Üst Kaynak Datasheet – ESP32-S3 RF

Tam Wi-Fi ve BLE radyo özellikleri, RF kalibrasyon prosedürü, PHY parametre tabloları ve regülatuar test kayıt değerleri için Espressif ESP32-S3 datasheet'inin Bölüm 3 (Wi-Fi) ve Bölüm 4 (Bluetooth) kısımlarına bakın:

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_datasheet_en.pdf

BÖLÜM 6

Paket İçi Çevre Yongaları

Bu bölüm SiP içine entegre çevre yongalarının SiP-spesifik bağlantı ve yapılandırma detaylarını verir. Her yonganın tam elektriksel datasheet'i için üretici kaynaklarına yönlendirme sağlanır (bkz. chapter 14).

6.1 Audio Codec – ES8311

ES8311, mono I²S codec'tir; dahili 32 Ω hoparlör/HP sürücüsü içerir. ESP32-S3'ün I²S_0 çevresine bağlıdır.

6.1.1 SiP Entegrasyon

Tablo 6.1. ES8311 SiP entegrasyon detayları.

Parametre	Değer / Bağlantı
ESP32-S3 arayüzü	I ² S_0 + I ² C_0
I ² C adresi	0x18 (7-bit, 0x30/0x31 8-bit)
MCLK (GPIO14, dahili)	12,288 MHz veya bit clock × 256
BCK (GPIO16, paket içi paylaşımlı)	örnekleme hızı × 64 (TDM)
WS/LRCK (GPIO41, paket içi paylaşımlı)	örnekleme hızı (tip. 16/48/96 kHz)
DATA (GPIO45, paket içi paylaşımlı TDM)	—
Çıkış pinleri (paket dışı)	OUTP (Pin 13), OUTN (Pin 14)
Analog besleme	ALDO2 (3,3 V, max 300 mA)
Dijital besleme	DCDC1 (3,3 V)

6.1.2 Performans Özeti (Üretici Nominal)

Üst Kaynak Datasheet – ES8311

Tam THD+N, SNR, register haritası ve DAC/HP/ADC karakteristikleri için Everest Semi ES8311 datasheet'ine bakın:
<https://www.everest-semi.com/pdf/ES8311DS.pdf>

6.2 Mikrofon ADC – ES7210

ES7210, 4 kanallı dijital mikrofon ADC'sidir; TDM modu ile ESP32-S3'e bağlanır. Sesli IoT ve mesafe yön bulma (sound source localization) uygulamaları için.

Tablo 6.2. ES8311 performans özeti (üretici datasheet).

Parametre	Koşul	Nominal
DAC SNR (A-weighted)	1 kHz, 0 dBFS, FS =48 kHz	110 dB
DAC THD+N	1 kHz, -3 dBFS	-92 dB
ADC SNR (A-weighted)	1 kHz, mic input	100 dB
ADC THD+N	1 kHz, -3 dBFS	-86 dB
HP sürücü çıkış gücü	16 Ω , THD \leq 1%	35 mW
HP sürücü çıkış gücü	32 Ω , THD \leq 1%	25 mW
Örnekleme hızı aralığı	I ² S	8 – 96 kHz
Bit derinliği	I ² S	16, 18, 20, 24, 32 bit
Frekans yanıtı	\pm 0,1 dB	20 Hz – 20 kHz

Tablo 6.3. ES7210 SiP entegrasyon detayları.

Parametre	Değer / Bağlantı
ESP32-S3 arayüzü	TDM (GPIO39–42, 45 paylaşımlı) + I ² C_0
I ² C adresi	0x40 (7-bit, 0x80/0x81 8-bit)
Kanal sayısı	4 (diferansiyel veya tek uçlu mikrofon)
Mikrofon pinleri (paket dışı)	MIC1/2/3 (Pin 44–47, 50, 51) + bias (Pin 48)
Bias gerilim	0,9 – V _{A33} , programlanabilir
Analog besleme	ALDO3 (3,3 V, max 300 mA)
Dijital besleme	DCDC1 (3,3 V)

6.2.1 SiP Entegrasyon

6.2.2 Performans Özeti (Üretici Nominal)

Tablo 6.4. ES7210 performans özeti (üretici datasheet).

Parametre	Koşul	Nominal
SNR (A-weighted)	1 kHz, FS =48 kHz, PGA =0 dB	105 dB
THD+N	1 kHz, -3 dBFS	-90 dB
Çözünürlük	Tek kanal	24-bit
Örnekleme hızı aralığı	TDM	8 – 96 kHz
Kanal izolasyonu	—	\geq 90 dB
PGA kazanç aralığı	Programlanabilir, 3 dB adım	0 – 36 dB
DC kesim filtresi	1. derece HPF, programlanabilir	0 – 100 Hz

Üst Kaynak Datasheet – ES7210

Tam TDM, SNR, kanal izolasyonu ve register haritası için Everest Semi ES7210 datasheet'ine bakın:
<https://www.everest-semi.com/pdf/ES7210DS.pdf>

6.3 IMU – ICM-42686-P

ICM-42686-P, 6 eksenli (gyro + accel) atalet ölçüm birimidir; dahili 2 kB FIFO ve hareket algılama motoru (APEX) içerir.

6.3.1 SiP Entegrasyon

Tablo 6.5. ICM-42686-P SiP entegrasyon detayları.

Parametre	Değer / Bağlantı
ESP32-S3 arayüzü	I ² C_0 (varsayılan) veya SPI (10 MHz max)
I ² C adresi	0x68 (AD0 =0)
INT1 (GPIO39, dahili)	DRDY, FIFO watermark, motion event, APEX
Besleme	DCDC1 (3,3 V)
Sleep akımı	8 µA tipik

6.3.2 Performans Özeti (Üretici Nominal)

Tablo 6.6. ICM-42686-P performans özeti (üretici datasheet, $T_a = +25\text{ °C}$).

Parametre	Koşul	Nominal
Gyro tam-ölçek aralıkları	—	$\pm 15,625 / \pm 31,25 / \pm 62,5 / \pm 125 / \pm 250 / \pm 500 / \pm 1000 / \pm 2000$ dps
Accel tam-ölçek aralıkları	—	$\pm 2 / \pm 4 / \pm 8 / \pm 16 / \pm 32$ g
Gyro gürültü PSD	ODR =1 kHz, BW =200 Hz	$3,8$ mdps/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Accel gürültü PSD	ODR =1 kHz, BW =200 Hz	70 µg/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Gyro bias hassasiyeti	$-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$	$\pm 0,05$ dps/°C
Accel bias hassasiyeti	$-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$	$\pm 0,6$ mg/°C
ODR aralığı	—	$1,5625\text{ Hz} - 32\text{ kHz}$
Çalışma akımı (her ikisi açık)	ODR =1 kHz, low-noise	$0,8$ mA

Üst Kaynak Datasheet – ICM-42686-P

Tam gyro/accel doğruluğu, gürültü PSD, ODR ayarları ve FIFO yapılandırması için TDK InvenSense ICM-42686-P datasheet'ine bakın:
<https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/6-axis/icm-42686-p/>

6.4 RTC – PCF85063ATL

PCF85063ATL, dahili 32,768 kHz kuartz osilatöre sahip I²C RTC'dir. Düşük güçlü alarm fonksiyonu ile ESP32-S3'ün deep-sleep modundan uyandırma sağlar.

Tablo 6.7. PCF85063ATL SiP entegrasyon detayları.

Parametre	Değer / Bağlantı
ESP32-S3 arayüzü	I ² C_0
I ² C adresi	0x51 (7-bit)
INT (paket içi, GPIO39 ile paylaşımlı)	Alarm, periyodik timer
Backup besleme (paket dışı, Pin 31)	VCC-RTC (programlanabilir 1,8–3,6 V)
Çekirdek besleme	BLDO1 (1,8 V batarya kalıcı)

Tablo 6.8. PCF85063ATL performans özeti.

Parametre	Koşul	Nominal
Kristal frekansı	—	32,768 kHz
Saat doğruluğu	+25 °C	±20 ppm
Sıcaklık eğrisi	–10 °C – +50 °C	parabolik, tepe +25 °C
Çekirdek akım (osilator)	V _{DD} = 1,8 V	200 nA tipik
Çekirdek akım (osilator)	V _{DD} = 3,3 V	700 nA tipik
I ² C maks. hız	Fast mode plus	1 MHz
Veri tutma süresi	—	ömür boyu

6.4.1 SiP Entegrasyon

6.4.2 Performans Özeti (Üretici Nominal)

Üst Kaynak Datasheet – PCF85063ATL

Tam zaman/tarih register seti, alarm yapılandırması, sıcaklık hassasiyet eğrisi ve I²C protokolü için NXP PCF85063A datasheet'ine bakın:

<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/PCF85063A.pdf>

6.5 Flash Bellek – GD25LQ256DWIGR

GD25LQ256, 32 MB (256 Mbit) QSPI NOR flash'tır; ESP32-S3'ün entegre flash arayüzüne bağlıdır ve fabrikada timing kalibrasyonu yapılır. Boot ROM, uygulama, NVS (non-volatile storage) ve dosya sistemi depolaması için kullanılır.

6.5.1 SiP Entegrasyon

6.5.2 Performans Özeti

Üst Kaynak Datasheet – GD25LQ256

Tam okuma/yazma timing, QSPI mod konfigürasyonu, advance security özellikleri ve komut seti için GigaDevice GD25LQ256 datasheet'ine bakın:

<https://www.gigadevice.com/datasheet/gd25lq256e/>

Tablo 6.9. GD25LQ256 SiP entegrasyon detayları.

Parametre	Değer / Bağlantı
Kapasite	256 Mbit (32 MB)
Arayüz	QSPI (1-1-4 / 1-4-4 / 4-4-4 DTR)
Voltaj aralığı	1,65 – 1,95 V veya 2,7 – 3,6 V
ESP32-S3 bağlantı	Dahili QSPI hattı (Vssp dahili rail)
Besleme	DCDC1 (3,3 V)

Tablo 6.10. GD25LQ256 performans özeti.

Parametre	Koşul	Nominal
Maks. okuma hızı	STR (single transfer)	133 MHz
Maks. okuma hızı	DTR (double transfer)	80 MHz (160 Mbps eşd.)
Sayfa boyutu	—	256 B
Sektör boyutu	—	4 kB
Blok boyutu	—	32 / 64 kB
Sayfa programlama süresi	256 B	0,45 ms tipik
Sektör silme süresi	4 kB	90 ms tipik
Çip silme süresi	32 MB	240 s tipik
Dayanıklılık	yazma çevrimi/sektör	100 000
Veri tutma süresi	+55 °C	20 yıl

6.6 USB-C ESD Koruma — USBL6-2SC6

USBL6-2SC6, USB 2.0 D+/D– hatları için iki-line TVS dizisidir; ESD'ye karşı IEC 61000-4-2 seviye 4 koruma sağlar.

Tablo 6.11. USBL6-2SC6 koruma karakteristikleri.

Parametre	Koşul	Nominal
Çalışma gerilim aralığı (rev.)	—	0 – 5,25 V
Reverse breakdown gerilimi	$I_R = 1 \text{ mA}$	6,0 V min
ESD darbe (temas)	IEC 61000-4-2 seviye 4	$\pm 15 \text{ kV}$
ESD darbe (hava)	IEC 61000-4-2 seviye 4	$\pm 25 \text{ kV}$
Clamping gerilimi	$I_{PP} = 1 \text{ A}$	17 V tipik
Dynamic resistance	TLP, 8/20 μs	0,1 Ω
D+/D– kapasitansı (GND'ye)	$V_{BIAS} = 0 \text{ V}$	3,5 pF tipik

Üst Kaynak Datasheet — USBL6-2SC6

Tam ESD enerji emilim eğrileri, IEC 61000-4-2 sınıflandırması ve clamp gerilim grafikleri için STMicroelectronics USBL6-2SC6 datasheet'ine bakın:

<https://www.st.com/resource/en/datasheet/usblc6-2.pdf>

BÖLÜM 7

Güç Yönetimi ve Dağıtımı

7.1 AXP2101 PMIC — Genel Bakış

X-Powers AXP2101, NAR-ESP32S3R16/32'nin merkezi güç yönetim yongasıdır. Aşağıdaki bloklar tek bir paket içinde entegredir:

- Tek hücre Li-Ion/LiPo lineer şarj kontrolcüsü (5 V/USB VBUS girişinden)
- 5 × buck DC-DC dönüştürücü (DCDC1–5)
- 4 × doğrusal LDO (ALDO1–4) ana sistem rail'leri için
- 2 × batarya kalıcı LDO (BLDO1–2) düşük güçlü hat için
- I²C kayıt arayüzü, OTP yapılandırma
- 12-bit ADC: VBAT, VBUS, TS, kalıp sıcaklığı, IBAT
- Power button, IRQ, koruyucu güvenlik (OVP, OCP, OTP, UVP)
- Power-path: VBUS varken sistem VBUS'tan beslenir, batarya boşalmaz

7.2 Giriş Spesifikasyonları

Tablo 7.1. AXP2101 giriş özellikleri.

Parametre	Koşul	Min	Tip	Maks
V_{VBUS}	USB VBUS gerilimi	3,9	5,0	5,5
I_{VBUS}	VBUS girişi akımı (programlanabilir limit)	—	500 mA	2 A
V_{BAT}	Li-Ion hücre gerilimi	2,5	3,7	4,5
V_{UVLO}	Under-voltage lockout	—	2,5	—
T_{op}	Çalışma sıcaklığı	–40	—	+85 (°C)

7.3 Rail Spesifikasyonları

Table 7.2 AXP2101'in sunduğu tüm rail'lerin gerilim aralığı, akım kapasitesi ve SiP içinde fiili kullanımını gösterir. “Pin” kolonu, rail'in NAR-ESP32S3R16/32 paket dışına çıkarılıp çıkarılmadığını gösterir.

Tablo 7.2. AXP2101 rail haritalaması — SiP içinde fiili kullanım.

Rail	Gerilim	Akım	Verim	Yük (SiP içi)	Pin
DCDC1	1,5 – 3,4 V → 3,3 V	2,0 A	> 90 %	ESP32-S3, flash, IMU, RTC, codec dijital	—
DCDC2	0,5 – 1,54 V programlanabilir	1,5 A	> 88 %	— (kullanıcı yapılandırması)	TBD
DCDC3	0,5 – 3,4 V programlanabilir	1,5 A	> 88 %	— (kullanıcı yapılandırması)	TBD
DCDC4	0,5 – 3,4 V programlanabilir	1,5 A	> 88 %	— (kullanıcı yapılandırması)	TBD
DCDC5	1,2 – 3,7 V programlanabilir	1,5 A	> 86 %	Vsys çıkışı	26
ALDO1	0,5 – 3,5 V → 1,8 V	300 mA	—	RF, PLL analog	—
ALDO2	0,5 – 3,5 V → 3,3 V	300 mA	—	ES8311 analog	39
ALDO3	0,5 – 3,5 V → 3,3 V	300 mA	—	ES7210 analog, IMU	37
ALDO4	0,5 – 3,5 V programlanabilir	300 mA	—	— (kullanıcı)	36
BLDO1	0,5 – 3,5 V → 1,8 V	150 mA	—	PCF85063 RTC (batarya kalıcı)	—
BLDO2	0,5 – 3,5 V programlanabilir	150 mA	—	— (kullanıcı)	TBD

Tablo 7.3. DCDC rail performansı (genel).

Parametre	Koşul	Nominal
Çıkış gerilim hassasiyeti	PWM modu	±2%
Çıkış dalgalanma (ripple)	PWM, tam yük, 1,2 MHz	30 mV pp tipik
Tepki süresi (yük geçişi)	100 mA → 1 A	< 100 µs
Çıkış akım sınırlama	Programlanabilir	0,5 – 2,0 A
Soft-start süresi	Varsayılan	1 ms

7.3.1 Rail Performansı

7.4 Şarj Kontrolü

AXP2101, tek hücre Li-Ion/LiPo bataryalar için ön-şarj, sabit-akım (CC), sabit-gerilim (CV) ve termal koruma sağlar.

7.5 Power-Path

AXP2101 yerleşik power-path mantığı sayesinde:

- VBUS bağlı ve $\geq 4,4$ V ise sistem VBUS'tan beslenir, batarya *boşalmaz*. Şarj eş zamanlı ilerler.
- VBUS yoksa sistem otomatik olarak batarya'ya geçer (kesintisiz, < 10 µs).
- VBUS yetersiz akım sağlarsa (yük > VBUS limiti), eksik kısım bataryadan tamamlanır (boost mode).

7.6 ADC Kanalları

I²C üzerinden okunabilen sistem izleme kanalları (12-bit çözünürlük):

Tablo 7.4. Li-Ion şarj parametreleri (AXP2101).

Parametre	Açıklama / Aralık	Varsayılan
Şarj akımı (CC)	0 – 1,0 A, 25 mA adımlı	500 mA
Şarj sonu gerilimi (CV)	4,10 / 4,20 / 4,35 / 4,40 V	4,20 V
Pre-charge akımı (trickle)	$V_{BAT} < 3,0$ V	100 mA
Pre-charge eşiği	—	3,0 V
Termal koruma (TS)	NTC ($\beta=3950$, $10\text{ k}\Omega@25^\circ\text{C}$)	opsiyonel
Termal kapama eşiği	T_{die}	+135 °C
End-of-charge akımı	5 – 20% I_{CC}	10%
Şarj timer	Programlanabilir	10 saat

Tablo 7.5. AXP2101 ADC kanalları.

Kanal	Ölçülen Büyüklük	Çözünürlük
VBAT	Batarya gerilimi	1 mV
VBUS	USB giriş gerilimi	1 mV
IBAT	Batarya şarj/deşarj akımı	1 mA
TS	NTC sıcaklık probu	0,5 mV
T_{die}	PMIC kalıp sıcaklığı	0,1 °C

Üst Kaynak Datasheet — AXP2101

Tam rail spec, OTP yapılandırma, register haritası ve I²C protokolü için X-Powers AXP2101 datasheet'ine bakın:
<https://github.com/CinaryEmbedded/AXP2101-Datasheet>

7.7 Güç-Açma Sıralaması

Sistem güç-açma sıralaması AXP2101 PMIC tarafından otomatik yönetilir; OTP yapılandırması her rail için sıralama önceliğini tanımlar. Sıralama değişikliği yalnızca üretici tarafında yapılabilir.

TBD (Detaylı power-up timing diyagramı (rail ramp süreleri, EN deassert gecikmesi, boot süresi) bench ölçümünden sonra eklenecektir. Sıralama: VBUS/VBAT algılama → AXP2101 fault check → DCDC1 ramp (≤ 1 ms) → ALDO/BLDO sıralı enable → CHIP_PU release → ESP32-S3 flash boot.)

BÖLÜM 8

Boot ve Programlama

8.1 Boot Akışı

NAR-ESP32S3R16/32 güç açılışında veya sıfırlamada üç aşamalı bir boot süreci izler:

- ROM bootloader:** ESP32-S3'ün dahili mask ROM'unda bulunan birinci aşama bootloader. Strapping pinlerini okur, çalışma modunu belirler (SPI Boot / Download Mode).
- İkinci-aşama bootloader:** Flash bellekteki `bootloader.bin`; bölüm tablosunu yükler, hangi uygulama imajının yükleneyeceğini seçer (OTA), güvenlik kontrollerini yapar (Secure Boot v2, Flash Encryption).
- Uygulama:** Seçilen uygulama imajı RAM'e yüklenir veya XIP modunda flash'tan doğrudan çalıştırılır.

8.2 Strap Pinleri

ESP32-S3'ün boot modu, sıfırlama anında strap pinlerinin seviyeleri ile belirlenir. NAR-ESP32S3R16/32'de erişilebilen strap pinleri ve etkileri:

Tablo 8.1. Boot strap pinleri (sıfırlama anında latch edilir).

Strap Pini	SiP Pin	İşlev	Varsayılan / Davranış
GPIO0	7	Boot mod seçimi	Pull-up dahili — HIGH ⇒ SPI Boot, LOW ⇒ Download
GPIO3	10	JTAG seçimi (ROM içinde)	Float ⇒ USB-Serial-JTAG; HIGH ⇒ MTDI-MTMS JTAG
GPIO45	66	VDD_SPI seçimi ⁽¹⁾	Düşük ⇒ flash 3,3 V (varsayılan, paket içi GD25LQ256)
GPIO46	67	ROM mesaj çıkışı kontrolü	LOW ⇒ ROM mesajları susturulur

(1) **Dikkat:** GPIO45 SiP içinde dahili olarak I²S DATA hattı için kullanılır (bkz. Table 3.3). Strap fonksiyonu fabrikada doğru seviyeye ayarlanır; harici müdahale önerilmez.

8.3 Download Mode (Programlama)

8.3.1 Otomatik Download

USB-C üzerinden bağlantı sonrası `esptool.py` aşağıdaki sıralamayı otomatik tetikler:

- DTR/RTS hatları üzerinden CHIP_PU (Pin 6) LOW → HIGH (sıfırlama)
- GPIO0 (Pin 7) LOW seviyede tutulur
- ROM bootloader download moduna girer
- `esptool.py` flash okuma/yazma protokolünü başlatır

8.3.2 Manuel Download

Manuel download modu için:

1. GPIO0'ı (Pin 7) GND'ye çekin
2. CHIP_PU'yu (Pin 6) 1 ms LOW çekip bırakın
3. GPIO0'ı serbest bırakın

8.4 USB-Serial-JTAG

ESP32-S3 dahili USB-Serial-JTAG çevresi sayesinde, ek harici USB-UART köprüsü olmadan PC'ye doğrudan bağlantı sağlar. NAR-ESP32S3R16/32, paket içi USBL6-2SC6 koruyucu ile USB-C konektörüne çıkarılan D+/D- hatlarını sunar.

Tablo 8.2. USB-Serial-JTAG özellikleri.

Özellik	Değer
USB sınıfı	USB 2.0 Full-Speed (12 Mbps)
USB Vendor / Product ID	VID 0x303A / PID 0x1001 (Espressif default)
Sanal seri port (CDC-ACM)	<code>esptool.py</code> , <code>idf.py monitor</code> , <code>gdb</code>
JTAG köprüsü	OpenOCD ile debug (Adapter: <code>esp_usb_jtag</code>)
DFU	Device Firmware Update sınıfı (ESP-IDF konfigürasyon)
Endpoints	4 (CDC IN/OUT + JTAG IN/OUT)

USB-Serial-JTAG, sistem boot edemeyecek durumdayken bile çalışır; “brick” durumlarında flash kurtarma yapılabilir.

8.5 eFuse Yapılandırması

ESP32-S3'ün eFuse bloğu, üretici tarafında veya saha aşamasında programlanabilen tek-kullanımlık (OTP) konfigürasyon ve güvenlik parametrelerini içerir.

Tablo 8.3. eFuse blokları — genel bakış.

Blok	İçerik	Kapasite
BLOCK0	Sistem yapılandırma (boot kayıt, USB CDC kontrolü)	256-bit
BLOCK1	MAC adresi (WiFi, BT, Eth, IPv6) + ADC kalibrasyon	256-bit
BLOCK2	Sistem yedek MAC + kalibrasyon	256-bit
BLOCK3 (USER_DATA)	Kullanıcı OTP	256-bit
BLOCK4-8 (KEY_DATA)	Secure Boot / Flash Encryption anahtarları	5×256-bit
BLOCK9 (SYS_DATA)	Espressif sistem verisi	256-bit
BLOCK10 (SYS_DATA2)	Espressif sistem verisi 2	256-bit

Önemli: eFuse yazma işlemi geri alınamaz. Üretim ortamında `espefuse.py` ile yapılan her işlem loglanmalıdır.

8.6 Güvenlik Özellikleri

8.6.1 Secure Boot v2

RSA-3072 imza tabanlı güvenli boot. eFuse'a anahtar özetleri yazıldıktan sonra yalnızca imzalı imajlar boot edilebilir.

8.6.2 Flash Encryption

AES-256-XTS şifrelemesi ile flash bellekte saklanan kod ve veriyi şifreler. Anahtar eFuse'a yazılır; donanımda çözülerek RAM'e yüklenir, çıplak metin asla flash'a yazılmaz.

8.6.3 HMAC ve Digital Signature Peripherals

Donanım hızlandırılmış HMAC-SHA256 ve RSA dijital imza birimleri; TLS handshake ve cihaz kimliklendirme için.

8.7 Programlama Akışı

1. USB-C kablosu ile cihazı PC'ye bağlayın
2. `esptool.py --chip esp32s3 chip_id` ile cihazı algılayın
3. `idf.py build flash monitor` (ESP-IDF) veya `arduino-cli upload` (Arduino) ile flash'a yazın
4. Sıfırlamadan sonra uygulama otomatik başlar

Üst Kaynak Datasheet – ESP32-S3 Boot

Boot strap pinleri, strapping davranışı, eFuse haritası, Secure Boot v2 ve Flash Encryption detayları için ESP32-S3 datasheet Bölüm 2.1 (Boot Configuration) ve ESP-IDF Get Started kılavuzuna bakın:

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s3/get-started/>

BÖLÜM 9

Mekanik Bilgileri

9.1 Paket Genel Açıklaması

NAR-ESP32S3R16/32, kare köşeli dikdörtgen **LGA-68** (Land Grid Array, castellated) paket içindedir. Tüm 68 pad paketin alt yüzünde, dört kenarın çevresinde sıralanır; castellated kenarlar sayesinde paket hem reflow SMT akışı hem de elle prototip lehimleme için uygundur.

- Paket tipi: LGA-68 (castellated edge)
- Pad düzeni: dört-kenar çevresinde (19 sol + 19 sağ + 15 üst + 15 alt) — portrait yerleşim
- Montaj: SMT (önerilen) veya elle lehimleme
- Görünür işaretleme: paket üst yüzünde Pin 1 noktası (sol-üst köşe)

9.2 Paket Boyutları (Nominal)

Aşağıdaki tablo paketin nominal mekanik boyutlarını gösterir. Toleranslar JEDEC MO-220 standardına paralel; final üretim revizyonunda kalıp ölçümü ile güncellenecektir.

Tablo 9.1. Paket nominal boyutları.

Sembol	Boyut	Açıklama	Min	Nominal	Maks
L	Uzun kenar	Paket dış uzunluğu (dikey)	26,90	27,00	27,10
W	Kısa kenar	Paket dış genişliği (yatay)	20,90	21,00	21,10
H	Yükseklik (toplam)	Paket dış yüksekliği	1,80	1,90	2,00
h	Substrat kalınlığı	Alt PCB benzeri taban katmanı	0,55	0,60	0,65
p_{LR}	Pad pitch (sol/sağ)	Uzun kenar boyunca pad pitch	1,27	1,278	1,29
p_{TB}	Pad pitch (üst/alt)	Kısa kenar boyunca pad pitch	1,20	1,214	1,22
d_L	Pad uzun boyut	Castellation derinliği	1,05	1,10	1,15
d_W	Pad kısa boyut	Pad genişliği	0,55	0,60	0,65

Tüm değerler milimetre (mm) cinsindedir.

9.3 Pad Geometrisi

Tüm pad'ler aynı geometriye sahiptir (uniform LGA layout). Pad düzleminden bakıldığında her pad kısa kenarı paket dış kenarına dik, uzun kenarı paket dış kenarına paraleldir.

- Pad boyutu: $0,60 \times 1,10$ mm ($W \times L$)
- Pad sayısı: 68 (uniform, sol 19 + sağ 19 + üst 15 + alt 15)
- Pad yüzeyi: ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold), $Au \geq 0,05 \mu\text{m}$
- Castellated: pad'in dış kenarı paketin yan duvarına oyulmuş
- Pin 1 işareti: silkscreen daire, sol-üst köşede

9.4 Mekanik Çizim

Figure 9.1 paketin 3D izometrik görünüşünü gösterir. Figure 9.2 2D top & side görünüş ile dimension etiketlerini içerir. Figure 9.3 ise üstten pinout ve pad numaralandırma sırasını gösterir. Pin 1 sol-üst köşede kırmızı işaretçi ile belirtilmiştir; pin numarası saat yönünün tersinde ilerler.

9.5 Önerilen Land Pattern (IPC-7351B)

NAR-ESP32S3R16/32'nin SMT tasarımı için aşağıdaki IPC-7351B “Nominal” (Medium) land pattern önerilir.

Tablo 9.2. IPC-7351B önerilen land pattern parametreleri.

Parametre	Açıklama	Önerilen
Land uzunluğu	Castellation içine girer + dış aşırı uzanma	1,30 mm
Land genişliği	Pad genişliği + her yana 0,10 mm	0,80 mm
Land pitch (sol/sağ)	Paket pitch ile eşleşir	1,278 mm
Land pitch (üst/alt)	Paket pitch ile eşleşir	1,214 mm
Solder paste kapsama	Pad alanının %80'i (stencil ufak ofset)	0,60 × 1,05 mm
Stencil kalınlığı	—	0,127 mm (5 mil)
Pin 1 işareti	PCB silkscreen, paket dışında 0,5 mm	0,5 mm ∅

TBD (Tam land pattern çizimi (PDF) sonraki revizyonda yayımlanacaktır.)

9.6 Tape & Reel Bilgisi

NAR-ESP32S3R16/32 **tape & reel** (T&R) ve **tray** formatında temin edilir. T&R formatı yüksek hacimli SMT üretimi için, tray formatı küçük serili prototip ve test üretimi içindir.

Tablo 9.3. Tape & reel paketleme parametreleri (planlı).

Parametre	Açıklama	Değer
Carrier tape genişliği (W)	EIA-481 uyumlu	32 mm
Pocket boyutu (A0)	Paketin uzunluğu + tolerans	27,40 mm
Pocket boyutu (B0)	Paketin genişliği + tolerans	21,40 mm
Pocket derinliği (K0)	Paketin yüksekliği + tolerans	2,10 mm
Pocket pitch (P_1)	Pocket merkezleri arası	28,00 mm
Sprocket hole pitch (P_0)	—	4,00 mm
Reel çapı	13" (330 mm) standart	—
Reel başına parça sayısı	13" reel	TBD
Reel ağırlığı (dolu)	—	TBD kg

9.7 Reflow Profili

NAR-ESP32S3R16/32 için önerilen reflow profili **IPC/JEDEC J-STD-020E** (*Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Surface Mount Devices*, Tablo 4-2) parametre aralıklarına dayanır. Paket aşağıdaki sınıfa girer:

- **Paket hacmi:** $21 \times 27 \times 1,9 = 1077 \text{ mm}^3 \Rightarrow$ J-STD-020E “Large body” sınıfı (yükseklik > 1.6 mm)

- **Bu sınıf için T_{peak} tavanı:** 260 °C (Tablo 4-2)
- **Lehim alaşımı varsayımı:** SAC305 (Sn96.5/Ag3.0/Cu0.5), likidus $T_L = 217$ °C. Farklı alaşım kullanılırsa (T_L değişir, profil ayarlanmalıdır)
- **MSL sınıfı:** MSL3, çoklu-reflow toleransı 3 geçiş (bkz. section 9.8)

Figure 9.4 tipik öneri sıcaklık-zaman eğrisini gösterir. **Gerçek bench profili, üretim aşamasında MSL3 karakterizasyonu sonrası son revizyonda eklenecektir.**

Tablo 9.4. Önerilen reflow profili — J-STD-020E Tablo 4-2 “Large body” sınıfı, SAC305 lehim varsayılır.

Zon	Açıklama	Hedef
Preheat ramp	Oda → 150 °C, ≤ 3 °C/s	60 – 90 s
Soak (preheat zone)	150 – 200 °C	60 – 120 s
Reflow ramp (likidus üstü)	200 °C → tepe, ≤ 3 °C/s	60 – 90 s
Tepe sıcaklık (T_{peak})	MSL3 limitler	245 – 260 °C
Tepe süresi	$T_{peak} - 5$ °C üstünde	10 – 30 s
Likidus üstü süre (t_L)	$T_L = 217$ °C (SAC305)	60 – 90 s
Soğuma	Tepe → 100 °C, ≤ 6 °C/s	—

9.7.1 Paket İçi Yonga Reflow Toleransları

NAR-ESP32S3R16/32 SiP’inin reflow toleransı, paket içindeki en kısıtlı toleransa sahip yonga tarafından belirlenir. Aşağıdaki tablo her aktif yonganın üretici datasheet’inden derlenen tipik toleranslarını listeler.

Tablo 9.5. Paket içi yongaların reflow toleransları (üretici datasheet’lerine göre tipik).

Yonga	Üretici	MSL	$T_{peak,max}$
ESP32-S3R16V	Espressif	MSL3	260 °C
GD25LQ256DWIGR	GigaDevice	MSL3	260 °C
AXP2101	X-Powers	MSL3	260 °C
ES8311	Everest Semi	MSL3	260 °C
ES7210	Everest Semi	MSL3	260 °C
ICM-42686-P	TDK InvenSense	MSL3	260 °C
PCF85063ATL	NXP	MSL1	260 °C
USBLC6-2SC6	ST	MSL1	260 °C
SiP toleransı	(zincirin en zayıf halkası)	MSL3	260 °C

Bu nedenle önerilen profil $T_{peak} \leq 260$ °C tutulur; hedef pencere 245–260 °C, tepe süresi ≤ 30 s. Profil J-STD-020E sınırları içinde kalır.

TBD (Her yonganın MSL sınıfı son üretim revizyonunda üretici datasheet’i ile birebir teyit edilecek. Tablodaki değerler $T_{peak,max} = 260$ °C tipik değerine dayanır; bazı üreticiler daha sıkı limitler verebilir.)

9.7.2 Lehim Akı (Flux) Seçimi

- ROL0 / ROL1 (rosin-based, no-clean): önerilen
- REL0 (resin-based): kabul edilir
- ORL0 / ORM1 (organic, no-clean): yüksek nemli ortamlarda kullanılmamalıdır (paket içi tortu birikimi)

9.8 Nem Hassasiyet Seviyesi (MSL)

NAR-ESP32S3R16/32, J-STD-020 **MSL3** sınıfındadır.

- Vakum-mühürlü ambalajdan çıkarıldıktan sonra **168 saat** (7 gün) içinde reflow edilmelidir ($\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\leq 60\%$ RH ortam).
- Bu süre aşıldığında parçalar yeniden bakeleme ($125\text{ }^{\circ}\text{C}$, 24 saat) ile reset edilmelidir.
- Vakum-mühürlü ambalaj içinde raf ömrü **12 ay**.

TBD (MSL sınıfı son üretim revizyonunda doğrulanacak; pre-prod sample'larda MSL3 değerlendirmesi yapılmıştır.)

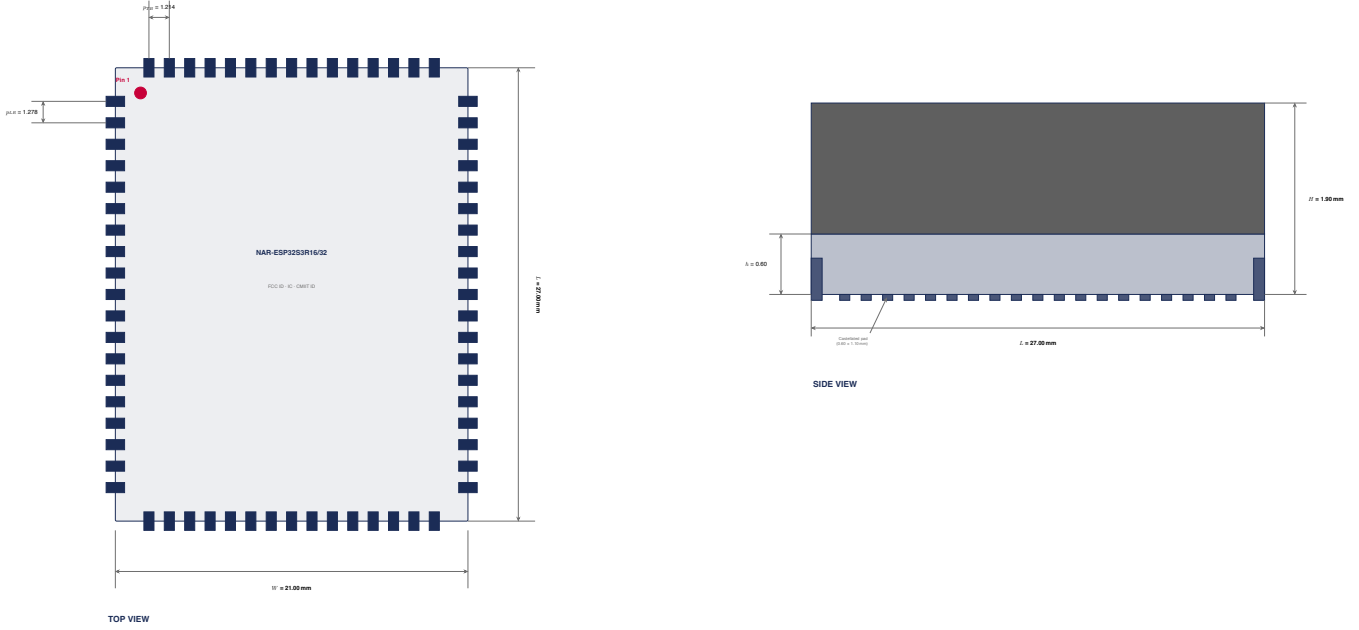
9.9 ESD Bakımı

NAR-ESP32S3R16/32 hassas yarı-iletken bir cihazdır. Bakım sırasında ESD önlemleri alınmalıdır:

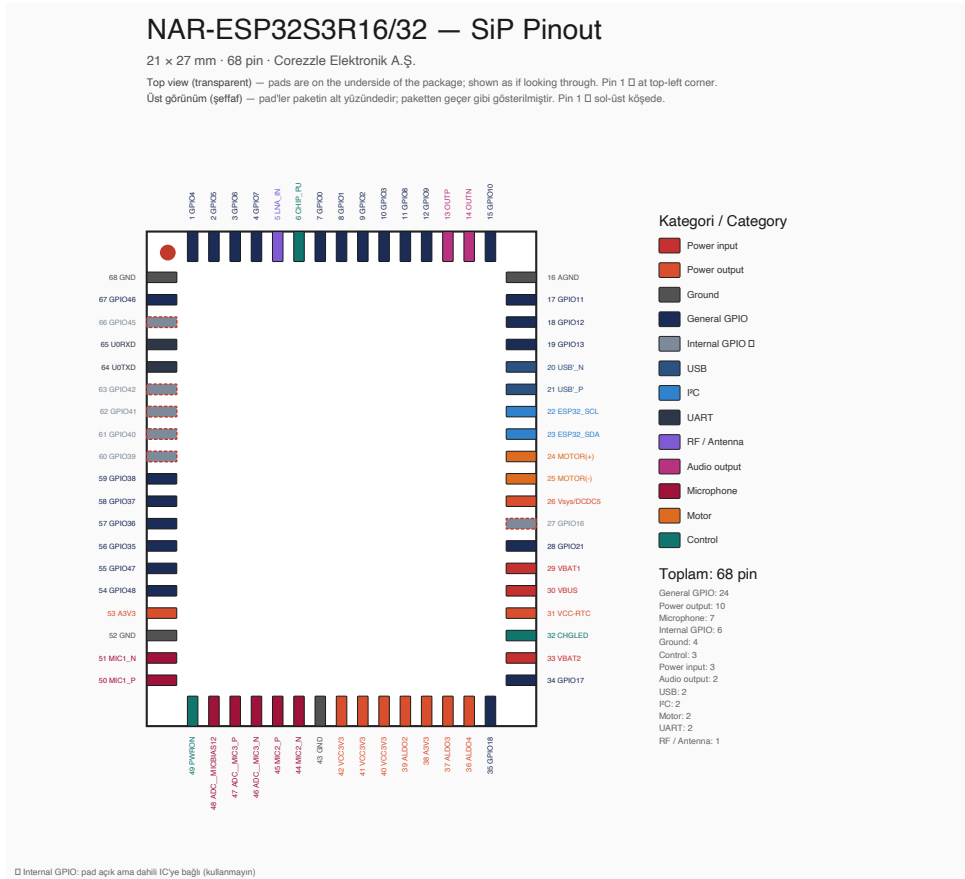
- Topraklı çalışma istasyonu, ESD bilek bandı
- İletken zemin altlığı veya statik-emici masa
- Açık cihaz ≥ 5 saniye süreyle ESD-emniyetli ortamda muhafaza edilmemelidir
- ESD-emniyetli ambalajlama (poşet, tray, T&R) dışında açık atmosfere maruz bırakılmamalıdır



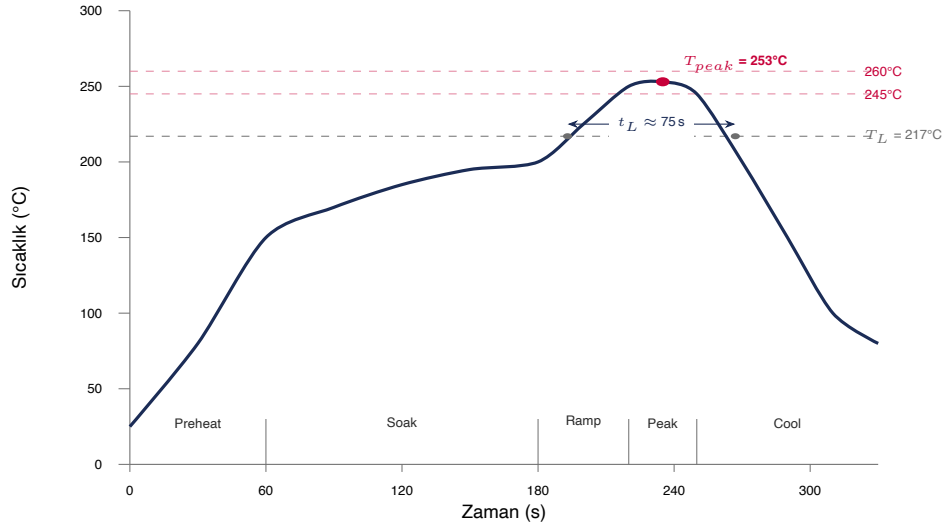
Şekil 9.1. NAR-ESP32S3R16/32 paket 3D görünüş — sağ-üst: ön yüz (silkscreen markalama ve regulator ID alanları), sol-alt: arka yüz (68 castellated pad, kenarlardaki dizilim 15+15+19+19).



Şekil 9.2. 2D mekanik çizim: top view ile dış boyutlar (L , W , pad pitch p_{LR} , p_{TB}) ve Pin 1 işareti; side view ile yükseklik (H), substrat kalınlığı (h) ve castellated pad detayı. Tüm boyutlar milimetre.



Şekil 9.3. Üstten görünüş (şeffaf). Renkler pin kategorisini gösterir.



Şekil 9.4. Önerilen kurşunsuz reflow profili — *tipik öneri profili*, J-STD-020E Tablo 4-2 (SAC305, $T_L = 217^\circ\text{C}$). Preheat ramp ($\leq 3^\circ\text{C/s}$), soak (60-120 s @ 150-200 °C), reflow ramp ($\leq 3^\circ\text{C/s}$), peak (245-260 °C, 10-30 s), likidus üstü süre ($t_L \leq 90$ s), soğutma ($\leq 6^\circ\text{C/s}$). Grafikteki spesifik nokta değerleri (253 °C tepe, ≈ 75 s likidus üstü) örnek niteliğinde; gerçek bench profili MSL3 onayı sonrası eklenir.

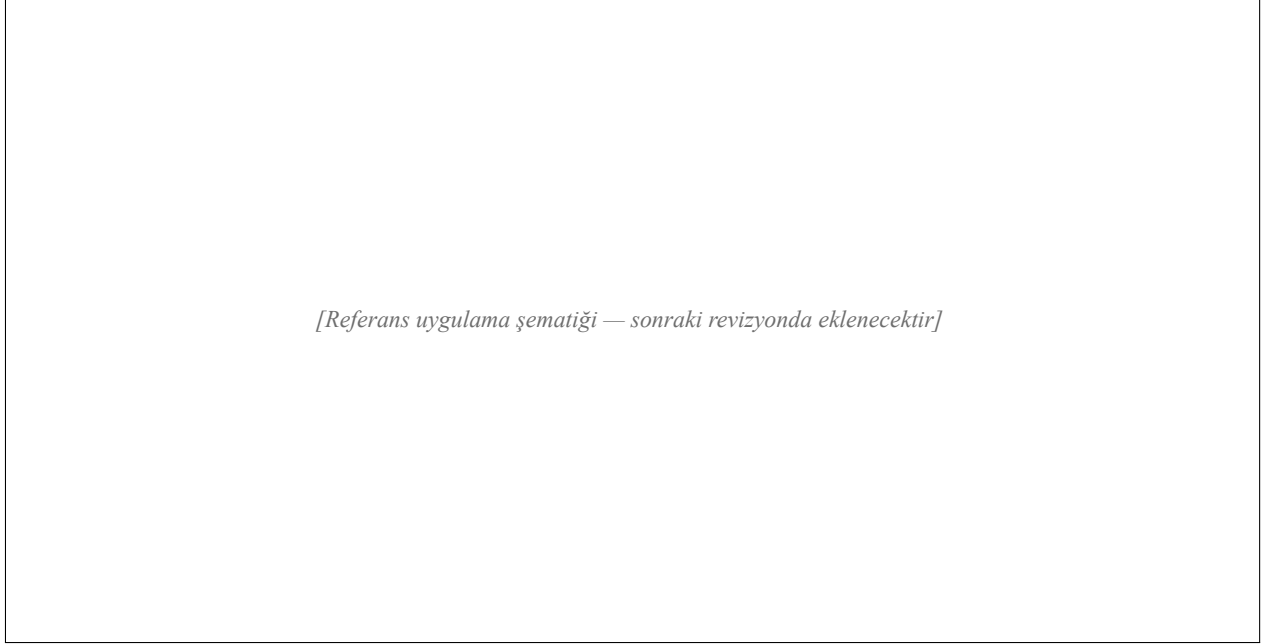
BÖLÜM 10

Uygulama Bilgisi

10.1 Referans Devre

Figure 10.1 NAR-ESP32S3R16/32'nin minimum çalışan harici bileşen listesini gösterir. SiP içinde şarj IC, rail LDO/buck'lar, kristaller ve decoupling zaten entegredir; harici PCB'de yalnızca aşağıdakiler gereklidir:

- USB-C konektörü (CC1/CC2 hatlarına 5,1 k Ω pull-down)
- Li-Ion/LiPo batarya konektörü (JST-PH veya benzeri)
- NTC termistörü (10 k Ω @25 °C, $\beta=3950$) — TS pinine, batarya termal koruması için
- Anten: PCB iz anteni veya u.FL/IPEX konektör (pin seçimi ile)
- Uygulamaya özel I/O konektörleri (LCD, dokunma, sensör)



Şekil 10.1. Tipik uygulama — minimum harici devre.

TBD (Tam referans şematik sonraki revizyonda yayımlanacaktır.)

10.2 Güç Beslemesi — Harici BoM

Not: SiP içindeki tüm yongalar için decoupling kondansatörleri *paket içine entegre edilmiştir*; harici decoupling *şart değildir* ancak transient performansı iyileştirir.

Tablo 10.1. Önerilen harici güç bileşenleri.

Bileşen	Açıklama	Tipik Değer
C_{VBUS}	VBUS girişine bulk cap (USB plug yakını)	10 μ F + 100 nF X7R
C_{VBAT}	VBAT pinine transient cap	100 μ F tantal/POLY + 100 nF X7R
C_{user}	Kullanıcı rail (DCDC2–5 erişimli) çıkışı	22 μ F + 100 nF X7R
$R_{CC1/CC2}$	USB-C CC pull-down (5,1 k Ω)	5,1 k Ω \pm 1%
R_{NTC}	Termistör (TS pinine)	10 k Ω , β =3950
ESD/EMI filtre	Konnektör hatlarında, opsiyonel	TVS + ferrite

10.3 Anten Yerleşim Önerileri

10.3.1 Dahili PCB Anten (Varsayılan)

NAR-ESP32S3R16/32 dahili PCB anteniyle teslim edilir. Optimal RF performansı için ana PCB tasarımında aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir:

- **Anten clearance zone:** Paketin anten tarafına kuşatılmış 15 \times 10 mm copper-free bölge (üst ve alt katmanlarda, mesafeli iç katmanlarda da).
- **GND plane:** Anten zonunun *altında* ya da *yanlarında* büyük dolu GND plane olmamalı.
- **Metal şasi mesafesi:** Anten tarafından metal şasi veya batarya hücresine en az 10 mm mesafe.
- **İnsan vücudu (giyilebilir):** Bilek, kol, gövde teması RF performansını -2 ile -5 dB etkileyebilir; anten yönü dikkatli seçilmeli.

10.3.2 Harici u.FL / IPEX MHF1

Üretim sırasında pin yapılandırması ile RF çıkışı harici u.FL konektöre yönlendirildiğinde:

- **Empedans:** 50 Ω kontrollü microstrip veya coplanar waveguide
- **İz uzunluğu:** 2 – 30 mm aralığında, refleksiyon ≤ -10 dB
- **Anten seçimi:** 2,4 GHz bant, ≥ 0 dBi kazanç önerilen
- **Yeniden sertifikasyon:** Harici antenli versiyon ayrı CE/FCC değerlendirmesi gerektirir

10.4 Decoupling Stratejisi

Paket içindeki tüm yongalar için decoupling kondansatörleri *paket içine entegre edilmiştir* (ESR ve frekans yanıtı fabrikada optimize). Harici PCB için ek kondansatör opsiyonel ancak iyi tasarım pratiklerine uyar:

- **Bulk:** Her kullanıcı rail pininin yakınında 22 μ F (X7R MLCC veya tantal)
- **Yüksek frekans:** 100 nF (X7R) paralel
- **Yer:** Pin'e ≤ 5 mm mesafe, via'lar GND plane'e direkt

10.5 Termal Dikkat Noktaları

NAR-ESP32S3R16/32, RF TX'te ve sürekli Wi-Fi yükünde dikkate değer termal güç tüketir. Önerilen PCB tedbirleri:

TBD (Termal direnç değerleri θ_{JA} (junction-to-air) ve θ_{JC} (junction-to-case) bench ölçümünden sonra eklenecektir.)

Tablo 10.2. Termal tasarım önerileri.

Önlem	Açıklama
Thermal via array	Paket altına en az 4×4 grid, 0,3 mm via, 0,8 mm pitch
Alt GND plane	Paket altı $\geq 20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ dolu copper
Çoklu GND pad bağlantısı	Tüm GND pinleri direkt PCB GND plane'e via ile
Akış (airflow)	Doğal konveksiyon yeterli; aktif soğutma gerekmez ($T_a \leq +85 \text{ °C}$)

10.6 EMI / EMC Tavsiyeleri

NAR-ESP32S3R16/32 paket içinde RF kalibrasyonu ve EMI bastırma filtreleri yer aldığı için son üründe ek tedbire genelde gerek yoktur. Yine de:

- USB-C hatlarına common-mode choke (BLM21, BLM18 serisi) opsiyonel
- Uzun PCB iz uzunluğuna sahip yüksek-hızlı sinyallere ferrite bead
- Konnektör çevresine 2,5 mm guard ring (GND vias)

10.7 Yazılım Geliştirme

NAR-ESP32S3R16/32 için resmi geliştirme kiti açık kaynaktır (Apache-2.0):

- Repo: <https://github.com/CorezzleElectronics/nar-esp32s3-devkit>
- Çerçeveler: ESP-IDF v5.x (önerilen), Arduino-ESP32, MicroPython, NuttX
- RTOS örnekleri: FreeRTOS (varsayılan), Zephyr, NuttX
- Referans uygulamalar:
 - Akıllı saat (UI, sensor füzyonu, BLE peripheral)
 - Araç takip (GNSS opsiyonel, BLE/Wi-Fi telematik)
 - Sesli IoT (wake-word, beamforming, Bluetooth audio)
 - Ev otomasyonu (Wi-Fi gateway, BLE Mesh)
- Sürücüler: AXP2101, ES8311, ES7210, ICM-42686, PCF85063, GD25LQ256 (ESP-IDF managed component)
- Üretici test yazılımı: GitLab CI ile otomatik fonksiyonel test

BÖLÜM 11

Sipariş Bilgisi

11.1 Mevcut Parça Numaraları

Tablo 11.1. Geçerli parça numaraları — üretim sürümleri.

Parça Numarası	Açıklama	Paket	MOQ
NAR-ESP32S3R16/32-LGA68	16 MB PSRAM + 32 MB flash, standart sürüm	Tray	TBD
NAR-ESP32S3R16/32-LGA68-TR	Aynı, tape & reel paketlenme	T&R 13''	TBD
NAR-ESP32S3R16/32-EVB	Geliştirme kartı (NAR-ESP32S3 + USB-C + batarya konektörü + breakout)	—	1

TBD (MOQ değerleri üretim planı ile birlikte güncellenecek. Beklenen değerler: Tray \leq 100, T&R 1 reel (parça sayısı reel boyutuna göre).)

11.2 Parça Numarası Yapısı

NAR	--	ESP32S3R16/32	--	LGA68	--	TR
Aile		MCU + Bellek		Paket		Paketleme

Tablo 11.2. Parça numarası alan açıklamaları.

Alan	Olası Değer	Anlam
Aile	NAR	Corezzle SiP ürün ailesi
MCU + Bellek	ESP32S3R16/32	ESP32-S3R16V (16 MB PSRAM) + 32 MB QSPI flash
Paket	LGA68	LGA-68, castellated, 27×21 mm
Paketleme	(boş)	Tray (varsayılan)
	TR	Tape & reel, EIA-481, 13'' (330 mm) reel
	EVB	Evaluation board (geliştirme kartı)

11.3 Numune ve Değerlendirme

11.3.1 Mühendislik Numuneleri

Mühendislik numuneleri ve değerlendirme kartları (NAR-ESP32S3-EVB) şu adres üzerinden temin edilebilir:

info@corezzle.com

Numune talebinde aşağıdaki bilgilerin paylaşılması, sürecin hızlanmasına yardımcı olur:

- Şirket adı ve uygulama alanı
- Tahmini yıllık hacim (parça/yıl)
- Hedef pazar (TR/EU/US/diğer)
- NDA gereksinimi (varsa)

11.3.2 Geliştirme Kiti

NAR-ESP32S3-EVB geliştirme kartı, ürünü doğrudan test etmek için gerekli tüm bileşenleri içerir:

- NAR-ESP32S3R16/32 SiP (kartın merkezi)
- USB-C konektörü (programlama + güç)
- Li-Ion batarya konektörü (JST-PH 2-pin)
- Reset ve boot butonları
- Tüm SiP pinleri için 0,1'' pitch breakout header'lar
- NTC termistör (batarya termal koruması)
- LED'ler (status, şarj, kullanıcı)

İlgili açık kaynak yazılım deposu:

<https://github.com/CorezzleElectronics/nar-esp32s3-devkit>

11.4 Teslim Süresi (Lead Time)

Tablo 11.3. Tipik teslim süreleri (yaklaşık).

Tür	Açıklama	Teslim
Mühendislik numune	1–10 adet, ≤ 2 hafta önceden talep	1–2 hafta
Değerlendirme kartı (EVB)	1–10 adet	1–2 hafta
Üretim numunesi	≤ 1 000 adet	TBD hafta
Seri üretim (1k–10k)	—	TBD hafta
Seri üretim (> 10k)	—	TBD hafta

TBD (Üretim ölçeği lead-time'ları sözleşme imza ve üretim planı sonrası güncellenecek.)

11.5 Kalite ve Test

Her NAR-ESP32S3R16/32 birim üretim sonunda otomatik fonksiyonel test (ATE) sürecinden geçer:

- Tüm rail'lerin gerilim doğrulaması ($\pm 2\%$ tolerans)
- ESP32-S3 boot + flash okuma/yazma testi
- Wi-Fi + BLE TX/RX testi (kalibre referansa karşı)
- I²C komut testi (PMIC, codec, mic ADC, IMU, RTC tümü cevap verir)
- I²S audio loopback (codec → mic ADC)
- USB-C enumeration testi

- Test logu: imei seri numarası ile birlikte saklanır

11.6 Garanti

NAR-ESP32S3R16/32, üretim hatalarına karşı **12 ay** garanti ile teslim edilir. Garanti, kullanıcı tarafından oluşturulan hasarları (ESD, aşırı gerilim, mekanik hasar) kapsamaz. Detaylı garanti şartları için Corezzle satış sözleşmesine bakın.

BÖLÜM 12

Revizyon Geçmişi

12.1 Revizyon Tablosu

Tablo 12.1. Doküman revizyon geçmişi.

Revizyon	Tarih	Statü	Değişiklik
0,1	2026-05-16	Advance Information	İlk yayım. Sistem mimarisi, paket içi yonga listesi, blok diyagram, 68-pin işlev tablosu, AXP2101 rail haritalaması, çevre yonga performans tabloları (üretici nominal). Elektriksel karakterizasyon ve sertifika numaraları için ilgili alanlar TBD olarak işaretlenmiştir.

12.2 Sürüm Seviyeleri

NAR-ESP32S3R16/32 datasheet'i aşağıdaki olgunluk seviyeleri arasında ilerler. Mevcut sürüm **Rev.0.1 ADVANCE INFORMATION**'dir.

Tablo 12.2. Datasheet sürüm seviyeleri.

Seviye	Tanım	Hedef
Advance Information	Yapı, nominal değerler ve referans devre yayımlanmıştır. Elektriksel ölçüm sonuçları henüz dahil edilmemiştir. Tasarım planlama ve değerlendirme için uygundur, <i>üretim öncesi doğrulama gerektirir.</i>	Mevcut
Preliminary	Bench karakterizasyonu tamamlanmıştır; tipik elektriksel değerler, güç tüketimi profilleri ve RF parametreleri ölçüm sonuçları ile güncellenmiştir. Sertifika numaraları beklenmemektedir.	TBD
Final (Rev. 1.0)	Tüm elektriksel karakterizasyon, anten ölçümleri, mekanik toleranslar ve düzenleyici sertifika numaraları (CE, FCC, IC, MIC, Bluetooth SIG) dahil edilmiştir. Üretim ve seri sevkiyat için yayın-hazırdır.	TBD

12.3 Sonraki Revizyonda Beklenenler

- Wi-Fi / BLE TX çıkış gücü ve RX duyarlılığı (ölçülmüş tipik değerler, \pm tolerans)
- Tüm güç tüketimi modları için ölçülmüş tipik / maks. değerler (modem-sleep, light-sleep, deep-sleep, hibernation)
- Anten kazancı ve yön diyagramı
- Termal direnç değerleri (θ_{JA} , θ_{JC})
- Power-up timing diyagramı (rail ramp süreleri, EN deassert gecikmesi)
- Tam land pattern çizimi
- Referans uygulama şematığı

12.4 Güncelleme Bildirimi

Yeni revizyonlar yayımlandığında bildirim almak için:

info@corezzle.com

Adresine doğrudan başvurabilirsiniz. Her datasheet sayfasının altında geçerli revizyon numarası (Rev. 0.1 ADVANCE INFORMATION) yer alır; en güncel sürüm için corezzle.com adresini kontrol edin.

BÖLÜM 13

Hukuki ve Uyumluluk

13.1 Yasal Yükümlülük Reddi

Bu doküman **Corezzle Elektronik Anonim Şirketi** ("Corezzle") tarafından yalnızca bilgilendirme amaçlı yayımlanmıştır. Burada yer alan bilgiler bildirsiz değiştirilebilir. Corezzle, bu dokümanın doğruluğu, eksiksizliği veya belirli bir kullanım için uygunluğu konusunda hiçbir açık veya zımni garanti vermez.

13.2 Üçüncü Taraf Yongaları

NAR-ESP32S3R16/32 paketi içinde Espressif, X-Powers, Everest Semiconductor, TDK InvenSense, NXP Semiconductors, GigaDevice ve STMicroelectronics tarafından üretilen yongalar yer alır. Bu yongaların marka adları, parça numaraları ve teknik özellikleri ilgili üreticilerin tescilli mülkiyetidir. Üreticiler kendi datasheet'lerinde verilen koşullar dışında ürünleri ile ilgili sorumluluk almazlar.

13.3 Patent ve Lisans Bildirimleri

NAR-ESP32S3R16/32 satın alımı, paket içinde yer alan üçüncü taraf yongaları için yalnızca üretici tarafından sağlanan kullanım haklarını kapsar. Bu ürünün özel uygulamalarda (tıbbi cihaz, otomotiv, askeri, havacılık, nükleer kontrol) kullanımı için ek lisans, sertifika ve onay gerekebilir.

13.4 İhracat Kontrolü

Bu ürün ECCN sınıflandırması: **TBD**. Müşteriler, ürünü satın alma, kullanma, ihraç etme veya yeniden ihraç etme sırasında geçerli ulusal ve uluslararası ihracat kontrol yasalarına uymakla yükümlüdür.

13.5 Geri Dönüşüm ve RoHS

NAR-ESP32S3R16/32 RoHS 3 (2015/863/EU) uyumludur. Atık elektronik ekipman (WEEE) yönetmeliklerine uygun olarak ürün ömrü sonunda yetkili geri dönüşüm merkezlerine teslim edilmelidir.

13.6 İletişim

Şirket	Corezzle Elektronik Anonim Şirketi
Adres	Sanayi Mah. Teknopark Bul. No: 1/4C İç Kapı No: 213, Pendik / İstanbul, Türkiye
Web	corezzle.com
E-posta	info@corezzle.com
GitHub	github.com/CorezzleElectronics

BÖLÜM 14

Üst Kaynak Datasheet'leri

Bu datasheet, paket içindeki yongalar için *SiP-spesifik* entegrasyon bilgisi sağlar. Her bir yonganın tam elektriksel, zamanlamasal ve uygulama datasheet'i ilgili üreticisinden temin edilmelidir. Aşağıdaki tablo doğrudan kaynak bağlantılarını verir.

14.1 Yonga Datasheet'leri

Espressif — ESP32-S3R16V

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_datasheet_en.pdf

X-Powers — AXP2101

<https://github.com/CinaryEmbedded/AXP2101-Datasheet>

Everest Semiconductor — ES8311 (audio codec)

<https://www.everest-semi.com/pdf/ES8311DS.pdf>

Everest Semiconductor — ES7210 (mic ADC)

<https://www.everest-semi.com/pdf/ES7210DS.pdf>

TDK InvenSense — ICM-42686-P

<https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/6-axis/icm-42686-p/>

NXP — PCF85063ATL

<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/PCF85063A.pdf>

GigaDevice — GD25LQ256DWIGR

<https://www.gigadevice.com/datasheet/gd25lq256e/>

STMicroelectronics — USBLC6-2SC6

<https://www.st.com/resource/en/datasheet/usblc6-2.pdf>

14.2 İlgili Espressif Dokümanları

ESP32-S3 Technical Reference Manual

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_technical_reference_manual_en.pdf

ESP32-S3 Hardware Design Guidelines

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s3/hw-reference/>

ESP-IDF Programming Guide

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s3/>

14.3 Standartlar ve Yönetmelikler

- IEEE 802.11-2020 — Wireless LAN Medium Access Control
- Bluetooth Core Specification 5.0
- EN 300 328 v2.2.2 — Wideband transmission systems (2,4 GHz)
- FCC Part 15 Subpart C (15.247) — Intentional Radiators
- J-STD-020E — Moisture/Reflow Sensitivity Classification
- IPC-7351B — Generic Requirements for Surface Mount Design

14.4 Corezzle Dokümanları

- **NAR-ESP32S3 Pinmap (TR)** — docs/pinmap-tr.md
- **NAR-ESP32S3 Onepager (TR)** — docs/onepager-tr.md
- **Geliştirme Kiti** — <https://github.com/CorezzleElectronics/nar-esp32s3-devkit>