Raspberry Pi 40-Pin GPIO Pinout & Linux Hile Kartı

40-Pin Header, vcgencmd, Watchdog, OverlayFS, ZRAM & PCIe Gen 3 Reçetesi (2026)

1. 40-Pin GPIO Renkli Pinout & Güç Dağılımı

40-Pin Header

3.3V	Pin 1 (3V3 PWR)	Pin 2 (5V0 PWR)	5V0
I2C	Pin 3 (GPIO 2 / SDA1)	Pin 4 (5V0 PWR)	5V0
I2C	Pin 5 (GPIO 3 / SCL1)	Pin 6 (GND Toprak)	GND
GP	Pin 7 (GPIO 4 / GPCLK0)	Pin 8 (GPIO 14 / TXD0)	UART
GND	Pin 9 (GND Toprak)	Pin 10 (GPIO 15 / RXD0)	UART
GP	Pin 11 (GPIO 17)	Pin 12 (GPIO 18 / PWM0)	PWM
GP	Pin 13 (GPIO 27)	Pin 14 (GND Toprak)	GND
GP	Pin 15 (GPIO 22)	Pin 16 (GPIO 23)	GP
3.3V	Pin 17 (3V3 PWR)	Pin 18 (GPIO 24)	GP
SPI	Pin 19 (GPIO 10 / MOSI)	Pin 20 (GND Toprak)	GND
SPI	Pin 21 (GPIO 9 / MISO)	Pin 22 (GPIO 25)	GP
SPI	Pin 23 (GPIO 11 / SCLK)	Pin 24 (GPIO 8 / CE0)	SPI
GND	Pin 25 (GND Toprak)	Pin 26 (GPIO 7 / CE1)	SPI
ID	Pin 27 (ID_SD / EEPROM)	Pin 28 (ID_SC / EEPROM)	ID
GP	Pin 29 (GPIO 5)	Pin 30 (GND Toprak)	GND
GP	Pin 31 (GPIO 6)	Pin 32 (GPIO 12 / PWM0)	PWM
PWM	Pin 33 (GPIO 13 / PWM1)	Pin 34 (GND Toprak)	GND
PCM	Pin 35 (GPIO 19 / PCM_FS)	Pin 36 (GPIO 16)	GP
GP	Pin 37 (GPIO 26)	Pin 38 (GPIO 20 / PCM_DIN)	PCM
GND	Pin 39 (GND Toprak)	Pin 40 (GPIO 21 / PCM_DOUT)	PCM

HAYATİ DİKKAT: GPIO pinleri **3.3V LVTTL** seviyesindedir! 5V sinyal girişi Broadcom SoC'yi kalıcı olarak imha eder. Seviye dönüştürücü kullanın.

2. Hayati vcgencmd Teşhis Komutları

Diagnostic

Komut	Açıklama	Beklenen Değer / Çıktı
`vcgencmd measure_temp`	Çekirdek Sıcaklığı	`temp=48.2'C` (Max 80°C)
`vcgencmd measure_volts`	SoC Çekirdek Voltajı	`volt=0.8500V` (<4.63V)
`vcgencmd measure_clock arm`	Aktif CPU Frekansı	`frequency(48)=2400000000`
`vcgencmd get_mem arm/gpu`	RAM Bölüşümü	`arm=3968M gpu=128M`
`vcgencmd get_throttled`	Voltaj & Termal Sağlık	`throttled=0x0` (Kusursuz)

```
# get_throttled Bit Maskesi Analizi:
0x1: Aktif Düşük Voltaj (<4.63V!) | 0x2: Aktif CPU Kısıtlaması
0x4: Aktif Termal Kısma (>80°C) | 0x50000: Geçmişte Voltaj Düştü
```

3. OverlayFS ile Read-Only Kök Dosya Sistemi

Zero Corruption

```
# 1. Menüden Overlay Kök Dosya Sistemini Aktif Edin:
sudo raspi-config
# -> Performance Options -> Overlay File System -> Enable -> Yes
# -> Boot partition read-only -> Yes -> Reboot
mount | grep "overlay on /" # (Fişi aniden çekseniz bile SD kart asla bozulmaz!)
```

4. ZRAM ile Bellek İçi Sıkıştırma (Disk Swap Katili)

RAM Boost

```
# 1. SD kartı yıpratan standart swap'ı kapatın:
sudo dphys-swapfile swapoff && sudo systemctl disable dphys-swapfile
# 2. zram-tools paketini kurup /etc/default/zramswap düzenleyin:
sudo apt update && sudo apt install -y zram-tools
PERCENTAGE=60 # RAM'in %60'ı sıkıştırılmış swap
ALGO=lz4 # Ultra hızlı lz4 sıkıştırma (Sıfır CPU darboğazı)
sudo systemctl restart zramswap && zramctl
```

5. Donanım Watchdog Timer (Kilitlenmeyen Sistem)

Broadcom Hardware

```
# 1. /boot/firmware/config.txt içine ekleyin:
dtparam=watchdog=on
# 2. /etc/systemd/system.conf içinde açın:
RuntimeWatchdogSec=14s   RebootWatchdogSec=10min
# 3. Test: Çekirdek kilitlendiğinde 15 sn'de donanımsal soğuk reset!
echo 1 | sudo tee /proc/sys/kernel/sysrq && echo c | sudo tee /proc/sysrq-trigger
```

6. USB OTG Gadget Modu (Ethernet-over-USB)

Headless

```
# Pi Zero / Zero 2W / Pi 4 (Monitörsüz & Wi-Fi'sız Tek Kablo Doğrudan SSH):
1. boot/config.txt: dtoverlay=dwc2
2. boot/cmdline.txt: modules-load=dwc2,g_ether
3. boot içine boş 'ssh' ve 'userconf.txt' koyun.
ssh pi@raspberrypi.local # (Tek kabloyla terminal erişimi!)
```

7. Raspberry Pi 5 PCIe Gen 3 & NVMe SSD Boot

870+ MB/s

```
# 1. /boot/firmware/config.txt içine ekleyin:
dtparam=pciex1
dtparam=pciex1_gen=3 # PCIe Gen 3.0 zorla (870+ MB/sn)
# 2. EEPROM Boot sırasını NVMe yapın: (6=NVMe, 1=SD Kart)
sudo rpi-eeprom-config --edit # BOOT_ORDER=0xf416
```

8. GPIO Elektriksel Güvenlik ve Akım Standartları

Electrical Limits

Parametre	Güvenli Sınır	Açıklama & Önlem
Giriş Voltajı	`4.85V - 5.25V`	4.63V altında kart frekans kısar veya reset atar.
Tek Pin Akımı	`16 mA (Max)`	Tavsiye edilen güvenli çalışma akımı 3 - 8 mA'dır.
Toplam GPIO Yükü	`50 mA (Total)`	Röle ve motorlar harici transistörle sürülmelidir.
Dahili Dirençler	`~50 kΩ`	Yazılımsal dahili pull-up / pull-down değeridir.