

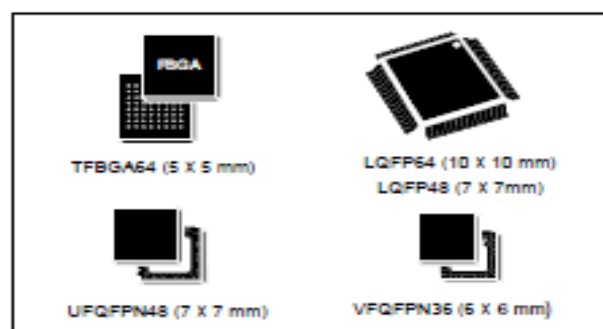
Stm32 user manual

Low-density performance line, ARM-based 32-bit MCU with 16 or 32 KB Flash, USB, CAN, 6 timers, 2 ADCs, 6 com. interfaces

Datasheet – production data

Features

- ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU Core
 - 72 MHz maximum frequency, 1.25 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1) performance at 0 wait state memory access
 - Single-cycle multiplication and hardware division
- Memories
 - 16 or 32 Kbytes of Flash memory
 - 6 or 10 Kbytes of SRAM
- Clock, reset and supply management
 - 2.0 to 3.6 V application supply and I/Os
 - POR, PDR, and programmable voltage detector (PVD)
 - 4-to-16 MHz crystal oscillator
 - Internal 8 MHz factory-trimmed RC
 - Internal 40 kHz RC
 - PLL for CPU clock
 - 32 kHz oscillator for RTC with calibration
- Low power
 - Sleep, Stop and Standby modes
 - V_{BAT} supply for RTC and backup registers
- 2 x 12-bit, 1 µs A/D converters (up to 16 channels)
 - Conversion range: 0 to 3.6 V
 - Dual-sample and hold capability
 - Temperature sensor
- DMA
 - 7-channel DMA controller
 - Peripherals supported: timers, ADC, SPIs, I²Cs and USARTs
- Up to 51 fast I/O ports
 - 28/37/51 I/Os, all mappable on 16 external interrupt vectors and almost all 5 V-tolerant



- Debug mode
 - Serial wire debug (SWD) & JTAG interfaces
- 6 timers
 - Two 16-bit timers, each with up to 4 IC/OC/PWM or pulse counter and quadrature (incremental) encoder input
 - 16-bit, motor control PWM timer with dead-time generation and emergency stop
 - 2 watchdog timers (Independent and Window)
 - SysTick timer 24-bit downcounter
- 6 communication interfaces
 - 1 x I²C interface (SMBus/PMBus)
 - 2 x USARTs (ISO 7816 interface, LIN, IrDA capability, modem control)
 - 1 x SPI (18 Mbit/s)
 - CAN interface (2.0B Active)
 - USB 2.0 full-speed interface
- CRC calculation unit, 96-bit unique ID
- Packages are ECOPACK®

Table 1. Device summary

Reference	Part number
STM32F103x4	STM32F103C4, STM32F103R4, STM32F103T4
STM32F103x6	STM32F103C6, STM32F103R6, STM32F103T6

ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU Core

- 72 MHz maximum frequency,
- 1.25 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1) performance at 0 wait state memory access

DMIPS (Dhrystone MIPS)-mera performansi procesora zasnovana na Dhrystone benchmark-u.

<https://community.st.com/t5/stm32-mcus/how-to-run-a-dhrystone-dmips-benchmark-on-an-stm32/ta-p/705825>

1.25 DMIPS/MHz znači da procesor može izvršiti 1.25 Dhrystone instrukcija po MHz radnog takta.

procesor na 100 MHz koji ostvaruje 1.25 DMIPS/MHz će imati ukupnu performansu 125 DMIPS (1.25×100).

0 wait state znači da procesor može pristupiti memoriji bez čekanja (odmah, u jednom taktu).

– Single-cycle multiplication and hardware division

Single-cycle multiplication- množenje dva broja za samo jedan ciklus takta.

Hardware division (deljenje u hardveru)- deljenje brojeva implementirano na nivou hardvera, za razliku od softverske implementacije koja bi zahtevala više instrukcija i bila sporija.

Procesor može direktno izvesti deljenje u nekoliko ciklusa, bez potrebe za složenim algoritmima u softveru.

Memories

– 16 or 32 Kbytes of Flash memory

Za skladištenje programa (firmware-a) i konstantnih podataka.

Kada se programira mikrokontroler, kod (binarni fajl) se zapisuje u Flash memoriju.

U STM32 mikrokontrolerima, kod i neki konstantni podaci (npr. kalibracione vrednosti) se čuvaju u Flash memoriji.

– 6 or 10 Kbytes of SRAM(Static Random Access Memory)

Volatilna memorija – briše sve podatke kada se isključi napajanje.

Služi za privremeno skladištenje podataka tokom rada programa.

Osnovne karakteristike:

Brža od Flash memorije, što je čini pogodnom za čuvanje promenljivih i podataka tokom izvršavanja programa.

Veća fleksibilnost – koristi se za stack (lokalne promenljive) i heap (dinamički alocirani podaci).

Ograničena veličina – SRAM je skuplji i zauzima više prostora na čipu, pa ga mikrokontroleri imaju manje (npr. 20-256 KB).

Upotreba:

Privremeno skladištenje podataka i promenljivih koje se koriste tokom rada programa.

Baferi za podatke koji se razmenjuju sa perifernim uređajima (npr. UART, SPI, ADC).

2 x 12-bit, 1 μ s A/D converters (up to 16 channels)

- Conversion range: 0 to 3.6 V
- Dual-sample and hold capability
 - Temperature sensor

- 2 ADC jedinice: Mikrokontroler ima dva nezavisna ADC modula koji mogu raditi paralelno.
- 12-bitni rezolucija: Svaka digitalizovana vrednost se izražava u 12 bita, što znači da postoji 4096 diskretnih vrednosti (od 0 do 4095).

Ako je opseg ulaznog napona od 0 do 3.6 V, tada najmanji inkrement (LSB) iznosi:

- $3.6 \text{ V} / 4096 \approx 0.88 \text{ mV}$ po koraku.

1 μ s vreme konverzije

Svaki ADC može digitalizovati analogni signal za 1 mikrosekundu.

Ovo je važno za brza merenja, posebno u aplikacijama sa senzorima ili u sistemima za kontrolu u realnom vremenu (npr. obrada signala ili kontrola motora).

Svaki ADC može obraditi signal sa više različitih ulaza – ukupno do 16 kanala.

Multiplexiranje se koristi za selektovanje jednog kanala u trenutku za digitalizaciju.

Ovo omogućava merenja sa više senzora koristeći jedan ADC modul.

Dual-sample and hold capability

Svaki ADC modul ima dve uzorkovane i zadržane vrednosti u isto vreme, tj. može uzimati dva uzorka paralelno.

Ova funkcija je korisna za merenje sinhronizovanih signala ili upoređivanje vrednosti u realnom vremenu (npr. merenje napona i struje u motoru).

Opseg konverzije: 0 - 3.6 V

ADC može pretvoriti ulazni napon u opsegu od 0 do 3.6 V u odgovarajuću digitalnu vrednost (od 0 do 4095).

Napon koji je veći od 3.6 V može oštetiti ulaz ili neće biti ispravno izmeren.

Zato je često potrebno koristiti naponske delitelje ili operacione pojačivače za prilagođavanje signala.

Temperaturni senzor

Mikrokontroler ima ugrađeni temperaturni senzor koji je povezan sa jednim od ADC kanala.

Temperaturni senzor meri unutrašnju temperaturu čipa i može se koristiti za termičku zaštitu ili kalibraciju uređaja.

DMA

- 7-channel DMA controller
- Peripherals supported: timers, ADC, SPIs, I2Cs and USARTs

- DMA je modul unutar mikrokontrolera koji omogućava perifernim uređajima da pristupe memoriji direktno, bez potrebe da procesor (CPU) učestvuje u svakom koraku prenosa.
- Ovim se povećava efikasnost jer CPU može da obavlja druge zadatke dok DMA rukuje prenosom podataka.
- 7-kanalni DMA kontroler
- Ovaj mikrokontroler ima 7 nezavisnih DMA kanala.
- Svaki kanal može biti dodeljen različitom perifernom uređaju (npr. jedan za ADC, drugi za USART).

ADC sa DMA: Mikrokontroler uzima više uzoraka sa senzora koristeći ADC i automatski prebacuje podatke u SRAM pomoću DMA, bez učešća CPU-a.

USART sa DMA: Kada šaljete velike količine podataka (npr. preko Wi-Fi modula sa ESP8266), DMA automatski šalje podatke, a CPU može da radi na drugim zadacima.

Debug mode

- Serial wire debug (SWD) & JTAG interfaces

SWD (Serial Wire Debug) i JTAG (Joint Test Action Group) su dva protokola za hardversko debugovanje i programiranje mikrokontrolera. Obe metode omogućavaju pristup unutrašnjim registrima procesora, memoriji, kao i povezivanje sa debuggerima za otklanjanje grešaka. Evo ključnih razlika između njih:

SWD:

Koristi **2 linije** za komunikaciju:

SWDIO (data)

SWCLK (clock)

Manje fizičkih pinova znači jednostavniji dizajn i ušteda prostora.

Popularan kod ARM mikrokontrolera (npr. STM32).

JTAG:

Koristi **4 ili više linija** za komunikaciju:

TDI (Test Data In)

TDO (Test Data Out)

TCK (Test Clock)

TMS (Test Mode Select)

6 timers

- Two 16-bit timers, each with up to 4 IC/OC/PWM or pulse counter and quadrature (incremental) encoder input
- 16-bit, motor control PWM timer with deadtime generation and emergency stop
- 2 watchdog timers (Independent and Window)
- SysTick timer 24-bit downcounter

Tajmer može da broji vrednosti od 0 do $2^{16}-1$ (65,535). Ova rezolucija je dovoljna za merenje vremenskih intervala u mnogim aplikacijama.

Mogućnosti:

IC (Input Capture): Beleži trenutak kada se signal promeni, što je korisno za merenje perioda ili trajanja impulsa (npr. ultrazvučni senzor).

OC (Output Compare): Generiše izlazne događaje u određenim vremenskim trenucima, npr. za kontrolu LED dioda ili servo motora.

PWM (Pulse Width Modulation): Koristi se za generisanje pulsno-širinskih signala za kontrolu brzine motora, svetline LED-a, itd.

Pulse counter (brojač impulsa): Broji broj ulaznih impulsa (npr. za enkodere ili pulsne senzore).

Quadrature encoder input: Omogućava povezivanje inkrementalnih enkodera (npr. za praćenje položaja rotacionog motora).

SysTick je tajmer sa 24-bitnim odbrojavanjem (može da broji unazad od $2^{24}-1 = 16,777,215$).

Koristi se za generisanje periodičnih prekida, obično svakih 1 ms.

To je standardni tajmer kod ARM Cortex-M mikrokontrolera, često korišćen za real-time operacije ili task scheduling u RTOS sistemima (Real-Time Operating System).

Watchdog tajmeri služe za praćenje rada mikrokontrolera i vraćanje sistema u početno stanje ako se dogodi greška (npr. softverski zastoј).

Independent watchdog: Radi nezavisno od CPU-a i resetuje mikrokontroler ako ne dobije signal u očekivanom intervalu.

Window watchdog: Resetuje mikrokontroler ako se „obaveštenje“ (refresh signal) ne pošalje unutar unapred definisanog vremenskog prozora („window“). Ovo sprečava i previše učestala i prekasna osveženja.

CRC calculation unit, 96-bit unique ID

CRC (Cyclic Redundancy Check) je algoritam za otkrivanje grešaka u podacima.

Koristi se za proveru integriteta podataka u komunikaciji ili tokom prenosa podataka u memoriju, kako bi se osiguralo da nisu nastale greške.

Čemu služi CRC jedinica u mikrokontroleru?

Ubrzava izračunavanje CRC vrednosti hardverskim putem, umesto da CPU izvršava softverski algoritam.

Koristi se u komunikacionim protokolima (kao što su CAN, I²C, SPI) ili za proveru ispravnosti podataka pre i nakon prenosa.

Primer: Kada se učitava firmware iz Flash memorije, CRC se može koristiti za proveru da li je kod ispravan i da nije oštećen.

96-bit Unique ID (Jedinstveni 96-bitni ID)

Šta je jedinstveni ID?

Svaki STM32 mikrokontroler ima ugrađeni jedinstveni identifikator (ID) od 96 bita. Ovaj ID je specifičan za svaki čip, što znači da dva mikrokontrolera nemaju isti ID.

Čemu služi jedinstveni ID?

Identifikacija uređaja: Koristi se za praćenje uređaja u proizvodnji, servisu ili tokom rada u mrežnim sistemima.

Sigurnost: Ovaj ID može biti iskorišćen za generisanje kriptografskih ključeva ili za zaštitu podataka specifičnih za određeni uređaj.

Licenciranje softvera: Može se koristiti za zaključavanje aplikacija na određeni mikrokontroler, tj. da softver radi samo na određenom uređaju sa poznatim ID-jem.

U IoT aplikacijama, jedinstveni ID se može koristiti za identifikaciju svakog uređaja u mreži (npr. pametni grad sa senzorima povezanih putem LoRaWAN mreže).

U kriptografiji, može se koristiti za kreiranje jedinstvenih sigurnosnih ključeva vezanih za svaki uređaj.

ECOPACK® je oznaka za ekološki prihvatljive pakete elektronskih komponenti koje proizvodi STMicroelectronics.

Ovaj standard osigurava da pakovanje i komponente zadovoljavaju ekološke norme i smanjuju štetni uticaj na životnu sredinu.