

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**Mikrokontroléry pre embedded zariadenia**  
**Rešerš**

**2023**

**Jozef Mak, štud.sk. A6**

## Obsah

Zoznam obrázkov .....	3
Úvod .....	4
1. Základné rozdelenie mikrokontrolérov .....	5
2. 8-bitové mikrokontroléry .....	6
2.1. ATmega16 .....	6
2.2. PIC16F886.....	6
3. 32-bitové mikrokontroléry .....	8
Záver.....	9
Zoznam použitej literatúry .....	10

## Zoznam obrázkov

Obr. 1 Mikrokontrolér ATmega16 v puzdre PDIP .....	6
Obr. 2 Mikrokontrolér PIC16F886 v puzdre pre SMT montáž.....	7
Obr. 3 Mikrokontrolér STM32F446 .....	8

## Úvod Nadpisy Úvod a Záver nie sú číslované

Elektronicky riadené zariadenia a osobné doplnky sú v dnešnej dobe už štandardom. Elektronické riadenie nájdeme od zubných kefiek cez domáce spotrebiče až po automobily, inteligentné domy či rôzne priemyselné zariadenia. Elektronické obvody, ktoré sú určené pre zabudovanie do zariadení a ktorých úlohou je riadiť tieto zariadenia sú označované ako embedded zariadenia, resp. v slovenskom preklade ako zabudovateľné alebo vnorené zariadenia.

Základom embedded zariadení je asi najčastejšie mikrokontrolér, naprogramovaný pre konkrétny účel výsledného zariadenia. V najjednoduchších prípadoch sa používajú mikrokontroléry s minimom vstupov a výstupov, ktoré sú lacné a malé. V náročných aplikáciách sa stretávame s mikrokontrolermi, ktoré disponujú desiatkami až stovkami vstupov a výstupov či rôznymi typmi radiacích a komunikačných periférií.

Cieľom tejto rešerše je poskytnúť stručný náhľad do ponuky mikrokontrolérov a možností, ktoré mikrokontroléry ponúkajú. Prvá kapitola rešerše je venovaná základnému rozdeleniu mikrokontrolérov spolu s krátkym pohľadom do ich histórie. Druhá a tretia kapitola sú potom venované dvom skupinám mikrokontrolérov, pričom sú tu uvedení aj vybraní zástupcovia týchto skupín.

Text je zarovnaný do bloku

## 1. Základné rozdelenie mikrokontrolérov

Kapitoly začínajú na novej strane (podkapitoly a state už nie), nadpisy kapitol sú číslované

Základným kritériom pre rozdelenie mikrokontrolérov je ich bitová šírka. Bitová šírka určuje s akými veľkými číslami pracuje výpočtové jadro mikrokontroléra. Táto bitová šírka sa väčšinou premietne aj do organizácie pamäťového miesta pre dočasnú aj permanentnú pamäť mikrokontroléra.

Ako prvé boli na trh uvedené 4-bitové mikrokontroléry s označením 4004 a to v roku 1971 spoločnosťou Intel. O 3 roky neskôr predstavila spoločnosť Texas Instruments mikrokontrolér TMS1000. Jednalo sa rovnako o 4-bitový mikropočítač určený pre kalkulačky, ktorý v sebe integroval viacero funkcionáľít, pre ktoré bolo dovtedy nutné použiť viacero čipov.

Najjednoduchšie mikrokontroléry súčasnosti disponujú 8-bitovou architektúrou. V praxi to znamená, že výpočty, ktoré vykonáva centrálna procesorová jednotka mikrokontroléra, prebiehajú iba s 8 bitovými číslami, t.j. s číslami v rozsahu 0 až 256 alebo -128 až 127 v prípade čísel so znamienkom. Vo všeobecnosti je samozrejme možné vykonať výpočty aj s väčšími číslami, pokojne aj so 64-bitovými, ale procesorová jednotka bude musieť tento výpočet rozdeliť na čiastkové výpočty nad 8-bitovými číslami. Jednoduchšie povedané, výpočty s veľkými číslami prebiehajú po častiach.

Nezabudnúť na odkazy na literatúru

Mikrokontroléry s väčšou bitovou šírkou vznikali prakticky od začiatku ich vývoja. V 70-tych rokoch naberali na popularite 16-bitové mikrokontroléry a v 90-tych rokoch sa začali objavovať už aj 32-bitové mikrokontroléry [1]. Súčasné 32-bitové mikrokontroléry pracujú s oveľa vyššou výpočtovou rýchlosťou ako 8-bitové. Povedané v číslach, pri 8-bitových mikrokontroléroch je typická pracovná frekvencia 8 až 16 MHz, zatiaľ čo v prípade 32-bitových mikrokontrolérov môžeme hovoriť rádovo až o stovkách MHz [2]. Najviac sa však v začiatkoch embedded systémov rozšírili 8-bitové mikrokontroléry a dodnes sú tieto mikrokontroléry častou voľbou návrhárov kvôli ich jednoduchosti a nízkej cene.

Mikrokontroléry s 32-bitovou šírkou sa však v súčasnej dobe svojou cenou už približujú k jednoduchším 8-bitovým mikrokontrolérom, preto táto voľba už nie je tak jednoznačná, ako bývala v minulosti. Stále však platí, že 8-bitové mikrokontroléry sú vhodné pre jednoduchšie zariadenia. Vlastnosť, ktorá ich pre tieto aplikácie predurčuje je ich jednoduché programovanie a jednoduché zapojenie v rámci elektroniky. Ich výhodou je aj vysoká odolnosť proti rôznym nežiadúcim elektronickým javom, ako napr. prepätia či podpäťtia, teplota okolia či elektromagnetický šum. Pri návrhu zložitejších systémov je však v drvivej väčšine prípadov najvhodnejšie použiť 32-bitový mikrokontrolér.

## 2. 8-bitové mikrokontroléry

Medzi najznámejšie mikrokontroléry nepochybne patria mikrokontroléry od firmy Intel s označením 8051. Tento mikrokontrolér patrí k priekopníkom vo vývoji mikrokontrolérov a embedded systémov. Jeho uvedenie na trh bolo podľa oficiálnych stránok spoločnosti Intel už v roku 1980. Do roku 1990 ich firma vyrobila 100 miliónov kusov. V neskorších rokoch začali vznikať mikrokontroléry, ktoré sú označované ako 8051 kompatibilné a tieto sa vyrábajú dodnes.

Od uvedenia 8051 však už uplynulo niekoľko desaťročí, čo sa prejavilo aj vstupom nových architektúr 8-bitových mikrokontrolérov. Dnes možno za jedny z najznámejších mikrokontrolérov považovať aj mikrokontroléry z rodiny PIC od spoločnosti Microchip a mikrokontroléry z rodiny AVR od spoločnosti Atmel (dnes už tiež vo vlastníctve Microchip Technology). Ako konkrétnych zástupcov možno uviesť mikrokontrolér ATmega16, patriaci k AVR, alebo PIC16F886 z rodiny PIC.

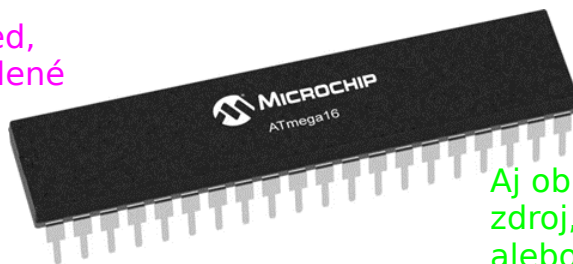
### 2.1. ATmega16

Mikrokontrolér ATmega16 sa vyrába s pracovnou frekvenciou 8 alebo 16 MHz a v 3 typoch puzdier určených pre THT alebo SMT montáž. Na Obr. 1 je zobrazené vyhotovenie ATmega16 v puzdre PDIP40.

Každý obrázok musí byť spomenutý v texte ešte pred samotným obrázkom

Mikrokontrolér ATmega16 používa RISC architektúru, čo mu umožňuje vykonať až 16 miliónov inštrukcií za sekundu pri 16 MHz pracovnej frekvencii. ATmega16 ďalej disponuje troma časovačmi, ktoré možno využiť aj pre generovanie PWM, 8-kanálovým AD prevodníkom či komunikačnými rozhraniami USART a SPI [3].

Obrázky sú zarovnané na stred, obtekanie textom nie je povolené



Aj obrázky musia mať uvedený zdroj, napríklad takto explicitne, alebo sa použije odkaz na položku zo zoznamu literatúry

Obr. 1 Mikrokontrolér ATmega16 v puzdre PDIP

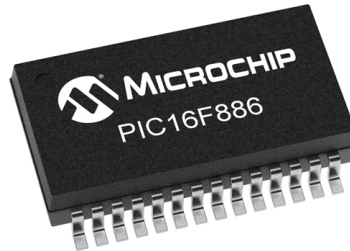
Zdroj: Microchip Technology Inc., <https://www.microchip.com>

Pozor na správne označenie a formátovanie v popise obrázka

### 2.2. PIC16F886

Podobne ako ATmega16, aj tento mikrokontrolér existuje vo viacerých mechanických vyhotoveniach podľa spôsobu montáže. V porovnaní s ATmega16 je dostupný len v menších, konkrétne 28-pinových puzdrách (Obr. 2), čo znamená, že k dispozícii je menej vstupov/výstupov.

Pracovná frekvencia PIC16F886 je až 20 MHz, čo značí, že vykonanie jednej inštrukcie trvá 200 ns. Mikrokontrolér disponuje podobne ako ATmega16 časovačmi, ktoré sú využívané pre generovanie PWM. Mikrokontrolér PIC16F886 má až 10-bitový AD prevodník s 11 kanálmi. Samozrejmosťou sú základné komunikačné periférie USART a SPI [4].



Obr. 2 Mikrokontrolér PIC16F886 v puzdre pre SMT montáž  
Zdroj: Microchip Technology Inc., <https://www.microchip.com>

### 3. 32-bitové mikrokontroléry

Medzi najrozšírenejšie 32-bitové mikrokontroléry dnes patria mikrokontroléry s výpočtovým jadrom ARM, navrhnutým spoločnosťou Arm Limited. Aktuálne sú používané rôzne verzie výpočtového jadra, označené ako Cortex-M, Cortex-R, Cortex-A, Cortex-X. Tieto sú základom rôznych mikrokontrolérov od viacerých výrobcov, ako napríklad od spoločností ST, NXP či Texas Instruments. V súčasnosti je tak k dispozícii obrovské množstvo typov mikrokontrolérov, odlišujúcich sa pracovnou frekvenciou, dostupnými perifériami, pomocnými výpočtovými modulmi a pod.

Ako príklad mikrokontroléra s jadrom ARM je možné uviesť mikrokontrolér od spoločnosti ST, model STM32F446 (Obr. 3), ktorý je postavený na jadre Cortex-M4 s pracovnou frekvenciou až 180 MHz. Mikrokontrolér ponúka až 17 časovačov, 3 AD prevodníky s rozlíšením 12 bitov, až 20 komunikačných rozhraní (typy I2C, USART, SPI, SAI, CAN, USB). Spolu môže mať tento mikrokontrolér až 114 vstupov/výstupov. Podrobnejšie informácie možno nájsť v [5].

Aj takto je možné sa odvolať na literatúru



Obr. 3 Mikrokontrolér STM32F446

Zdroj: TME s.r.o., <https://www.tme.eu/sk>

Popri mikrokontroléroch s jadrom ARM sú často používané aj mikrokontroléry vyslovene určené pre riadenie vysoko dynamických systémov, napr. pre riadenie elektrických motor alebo výkonových meničov alebo pre spracovanie rôznych druhov signálov. Medzi často používané mikrokontroléri v tejto oblasti patria mikrokontroléry spoločnosť Texas Instruments z rodiny digitálnych signálových mikrokontrolérov označených ako C2000. Tieto mikrokontroléry obsahujú množstvo samostatných periférií pre riadenie a pre spracovanie signálov. Ako príklad možno uviesť dvojjadrový mikrokontrolér TMS320F28379D pracujúci s frekvenciou až 200 MHz. Tento mikrokontrolér obsahuje až 24 PWM kanálov a až 4 AD prevodníky s 16 alebo 12 bitovým rozlíšením spolu až s 12 alebo 24 kanálmi a hardvérovou podporou pre spracovanie signálov. K dispozícii má tiež moduly pre meranie dĺžky trvania impulzov či modul pre spracovanie inkrementálnych snímačov. Z komunikačných rozhraní je možné využiť USB, CAN, SPI, UART či I2C. Podrobnejšie informácie možno nájsť v [6].



## Záver Nadpis Záver bez číslovania

Táto rešerš ponúkla stručný náhľad do ponuky mikrokontrolérov, ktorá je v dnešnej dobe nesmierne široká a zorientovať sa v tejto ponuke je veľmi náročné. Opísané typy mikrokontrolérov zďaleka nepokrývajú produkty, dostupné na trhu, avšak možno ich zaradiť k tým najznámejším.

Ak zhodnotíme výstupy tohto prehľadu, tak za základné kritérium pre výber vhodného mikrokontroléra možno považovať bitovú šírku mikrokontroléra, tak ako to bolo v práci opísané. Následne je zrejmé vhodné zvážiť potrebnú výpočtovú rýchlosť a potrebné vstupy a výstupy a periférie. Avšak aj po takomto zúžení výberu ostane v ponuke množstvo mikrokontrolérov.

Následným kritériom by preto mohla byť cena mikrokontroléra či preferencia výrobcu, dostupnosť rôznych foriem aplikačnej podpory. Veľmi dôležité sú aj skúsenosti alebo znalosti vývojára, ktorý bude s mikrokontrolérom pracovať. V konečnom dôsledku môže byť totiž použitie drahšieho mikrokontroléra oveľa lacnejšie, pretože sa ušetrí čas pri vývoji.

Tu je malá chyba, jednopísmenové slová nesmú byť na konci riadka. V dokumente je týchto chýb viac

## Zoznam použitej literatúry

- [1]. Raghunathan, K. R.: History of Microcontrollers: First 50 Years, *IEEE Micro*, vol. 41, no. 6, pp. 97-104, Dec. 2021, doi: 10.1109/MM.2021.3114754.
- [2]. Peterson, Z.: 8-bit vs. 32-bit MCU: Choosing the Right Microcontroller for Your PCB Design, [Online] Altium Europe GmbH, Philipp-Reis-Straße 3, 76137 Karlsruhe, Germany, April 2020, Citované dňa: 21.09.2023, Dostupné na internete: <https://resources.altium.com/p/8-bit-vs-32-bit-mcu-choosing-right-microcontroller-your-pcb-design>.
- [3]. Atmel Corporation: 8-bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash, ATmega16, ATmega16L – Summary, Rev. 2466TS-AVR-07/10, Atmel Corporation, 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131, USA, 2010.
- [4]. Microchip Technology Inc.: PIC16F882/883/884/886/887 Data Sheet, Microchip Technology Inc. 2355 West Chandler Blvd., Chandler, AZ 85224-6199, USA, 2008.
- [5]. STMicroelectronics International N.V.: STM32F446xx Datasheet - production data, DocID027107 Rev 4, STMicroelectronics International N.V., Chemin du Champ-des-Filles 39 Plan-les-Ouates, 1228, Geneva, Switzerland, 2015.
- [6]. Texas Instrument Inc.: TMS320F2837xD Dual-Core Microcontrollers, SPRS880O, Rev. February 2021, Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265, USA, 2021.

Každá literatúra v zozname musí mať uvedeného autora (fyzickú alebo právnickú osobu, t.j. človeka alebo firmu), názov publikácie, vydavateľa, miesto vydania, dátum vydania, príp. odkaz na www

Ak sa jedná len o internetovú stránku, je potrebné uviesť dátum citovania a odkaz na www.