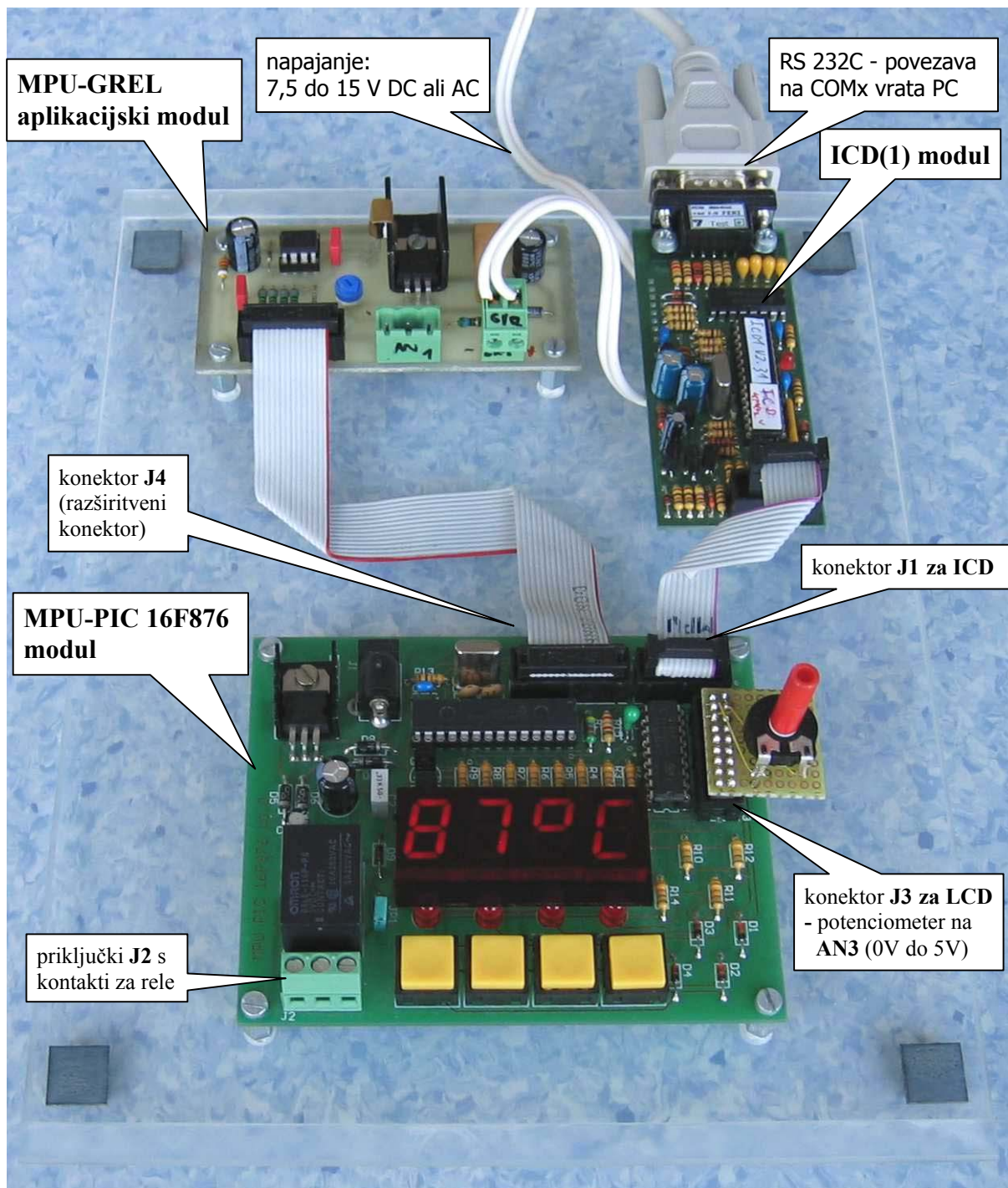


1. Predstavitev MPU-PIC16F876 učnega kompleta

Spoznali boste učni komplet MPU-PIC16F876 in osnovne lastnosti mikrokrmilnika PIC 16F876. Naučili se boste identificiranja vhodnih oziroma izhodnih priključkov mikrokrmilnika.



Slika 1-1: Fotografija MPU PIC 16F876 kompleta

1. Predstavitev MPU-PIC16F876 učnega kompleta

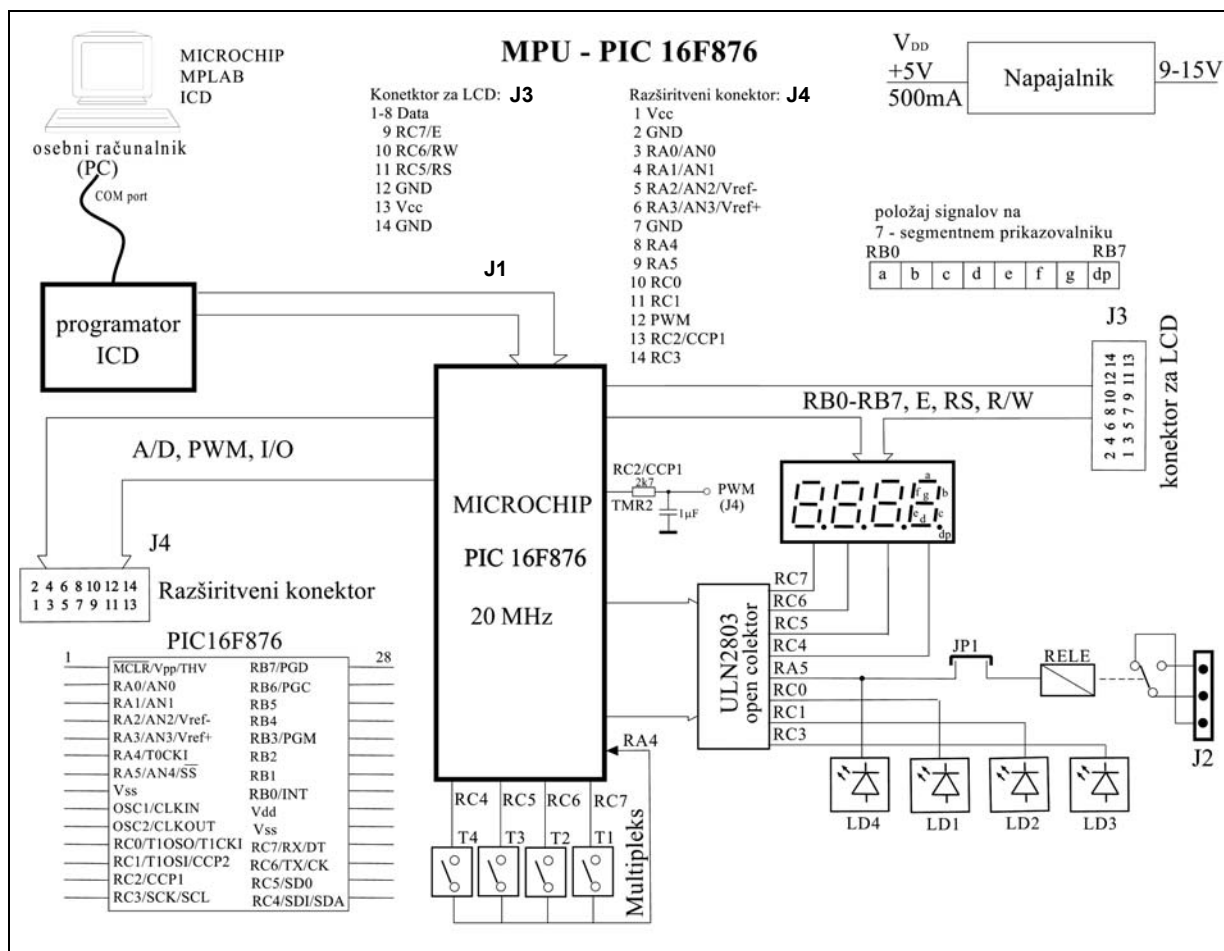
Uvod v programiranje mikrokontrolerov, zbrano gradivo za predavanja

Mikrokontrolniški učni komplet **MPU-PIC 16F876** je sestavljen iz treh modulov (Slika 1-1):

- **MPU-PIC16F876** modul
- **ICD(1)** modul
- **MPU-GREL** aplikacijski modul

1.1. Modul MPU-PIC16F876

Zgradbo modula in povezavo vhodno/izhodnih naprav na priključke vrat prikazuje blokovna shema (Slika 1-2):



Slika 1-2: Blokovna shema MPU PIC 16F876 modula

Modul **MPU-PIC16F876** je bil razvit na UM-FERI, Inštitutu za robotiko za potrebe učenja osnov programiranja in uporabe PIC mikrokontrolerov [4]. Zgrajen je na osnovi mikrokontrolerja **Microchip PIC16F876**. Na kartici so na voljo tudi:

- 4 enote LED indikatorjev;
- 4 enote - 7-segmentni LED prikazovalnik;
- 4 tipke;
- rele z delovnim in mirovnim kontaktom;
- 14-polni razširitveni konektor (priključki za analogne vhode, PWM izhod, časovniki, ...) (J4);
- 10-polni konektor za priključitev ICD(1) modula (J1);

- konektor za povezavo z osebnim računalnikom (RS232C oz. COMx vrata);
- 14-polni konektor za priključitev LCD prikazovalnika (J3).

1.1.1. Mikrokrmilnik PIC 16F876

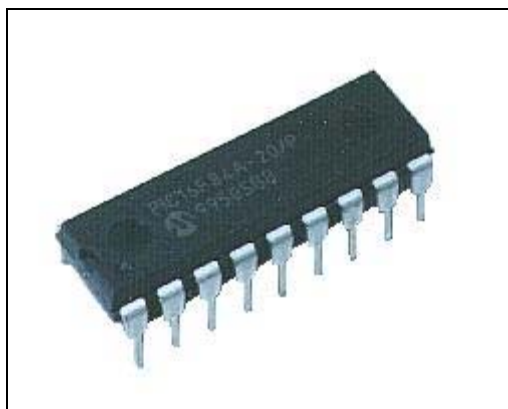
Mikrokrmilnik PIC (angl.: Peripheral Interface Controller) je integrirano vezje (IC), ki je namenjeno krmiljenju in zaznavanju zunanjih (perifernih) naprav v skladu s programom, ki ga izvaja vgrajena procesna enota (CPE). V primerjavi z živim bitjem predstavlja CPE možgane, PIC pa je ekvivalent živčnemu sistemu [16].

V splošnem je **mikrokrmilnik integrirano vezje, ki v enem čipu združuje procesno enoto, pomnilnik (RAM, ROM) in vhodno/izhodne (periferne) vmesnike** [1]. Ameriški proizvajalec **MICROCHIP** [7] je specializiran za izdelavo 8-bitnih eno-čipnih mikrokrmilnikov in spada med največje tovrstne proizvajalce v svetu.

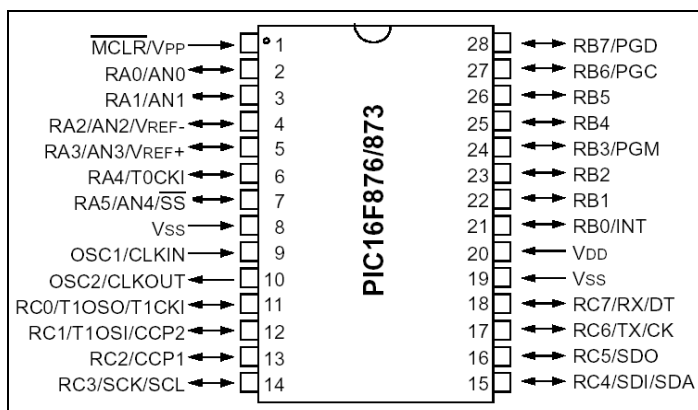
V nadaljevanju bodo obravnavani PIC mikrokrmilniki »srednje kategorije« (angl.: **Mid Range**) z vsebovanim programskim pomnilnikom tipa FLASH ROM (možno ga je reprogramirati več kot 1000-krat). Značilnost te kategorije je, da imajo čipi oznako **16Fxxx** in da vsi vsebujejo enako **procesno enoto s 14-bitnimi ukazi**.

Obravnavani **MPU sistem** vsebuje mikrokrmilnik **16F876** (Slika 1-4) v 28-polnem ohišju [8] (tudi 16F873 je v enakem ohišju, vendar vsebuje manj pomnilnika). Med bližnje sorodnike spadajo tudi mikrokrmilniki **16F877/874**, ki so nameščeni v ohišju s 40 priključki, zato imajo dodatnih 12 vhodno/izhodnih priključkov (s tem tudi več perifernih vmesnikov). Ker imajo vsi navedeni mikrokrmilniki enako procesno enoto in v osnovi enake vhodno/izhodne vmesnike, jih pogosto označujemo kar **16F87x(A)**. Pripona **A** predstavlja tehnološko posodobljeno različico integriranega vezja z enakimi funkcijami.

Popularni so tudi mikrokrmilniki z oznako **PIC16F84(A)** [2], ki imajo enako procesno enoto, vendar manj perifernih vmesnikov, zato so vgrajeni v 18-polno ohišje, uporabni pa so za manj zahtevne aplikacije (Slika 1-3).



Slika 1-3: PIC 16F84A v »DIL« ohišju



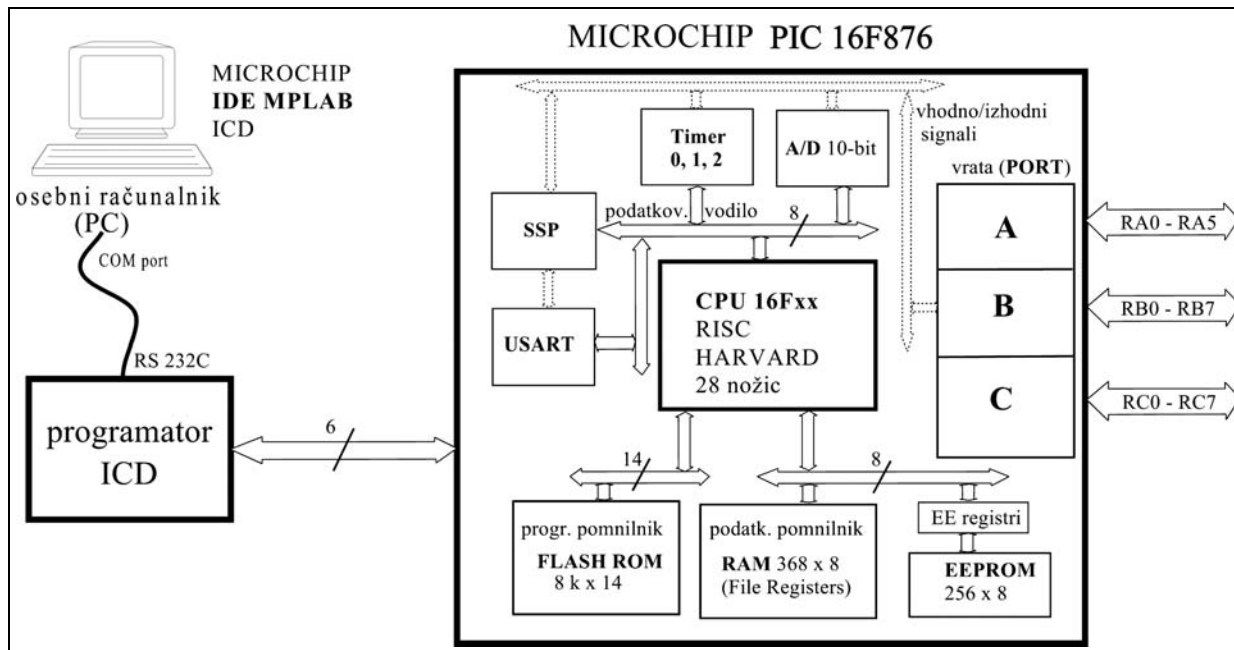
Slika 1-4: Razporeditev priključkov PIC 16F876

Mikrokrmilnik **PIC16F876** ima speljane priključke (Slika 1-4) vseh vsebovanih vhodno/izhodnih vmesnikov na **vrata** (angl.: **PORT**) **A**, **B** in **C** (Slika 1-5). Vsaka

1. Predstavitev MPU-PIC16F876 učnega kompleta

Uvod v programiranje mikrokrmilnikov, zbrano gradivo za predavanja

vrata vsebujejo tipično 8 linij (kar ustreza osmim bitom v registrih), pri čemer se v imenu oznake priključkov pojavlja številčna oznaka med 0 in 7, ki predstavlja pozicijo bita v registru. Ker je število vsebovanih perifernih vmesnikov veliko večje od razpoložljivega števila nožic, imajo mnogi priključki dvojni ali celo trojni namen, katerega izberemo v ustreznem konfiguracijskem registru.



Slika 1-5: Zgradba mikrokrmilnika PIC 16F876

Pomembnejše lastnosti mikrokrmilnika PIC 16F876:

- mikrokrmilnik s HARVARD arhitekturo in 8-bitno procesno enoto z RISC naborom ukazov;
- **35 ukazov** fiksne dolžine (14 bitov);
- **8Kx14-bitnih besed programskega pomnilnika (FLASH);**
- **368 zlogov podatkovnega pomnilnika (datotečni registri - f);**
- **256 zlogov električno zbrisljivega pomnilnika (EEPROM);**
- **22 vhodno/izhodnih priključkov** (tokovna obremenljivost do 25 mA);
- 3 časovniki (2x8-bit in 1x16-bit);
- 2 PWM vmesnika (10 bitov);
- 5 analognih vhodov (10-bitnih) za analogno/digitalno pretvorbo;
- sinhroni in asinhroni serijski vmesnik (SSP, I2C, RS232, USART/SCI, ...);
- 13 prekinitvenih izvorov;
- **maksimalno 20 MHz** urin takt (**večina ukazov** se izvede v **0,2 μs**);
- **nizka poraba** (20 μA pri napajalni napetosti 3 V in urinem taktu 32 kHz).

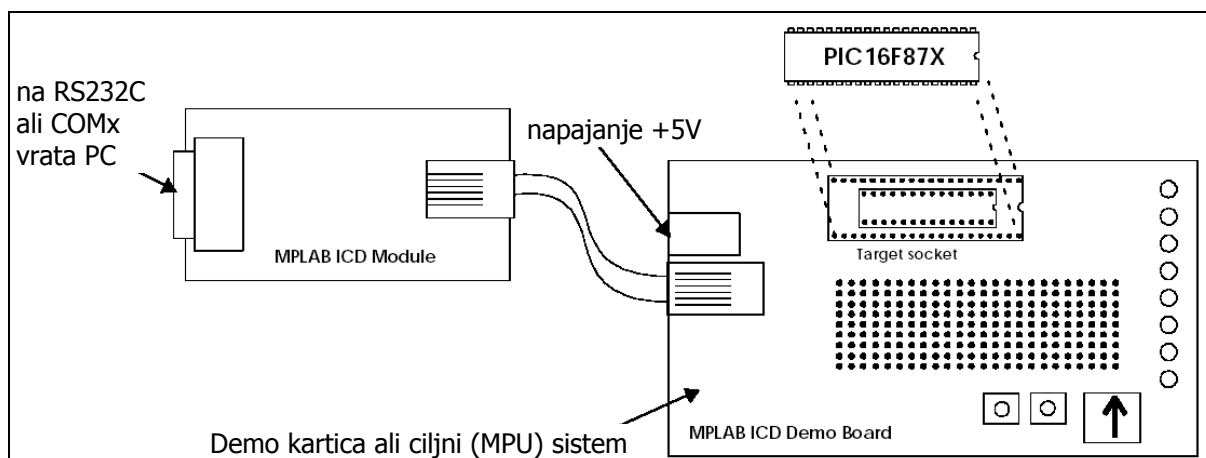
Mikrokrmilnike PIC16F87x programiramo z uporabo integriranega programskega okolja **Microchip IDE MPLAB** [10] (priporoča se V5.70 za uporabo skupaj z **ICD1**) v zbirnem jeziku (Microchip Assembler) in/ali v C-jeziku (potrebna je namestitev ene od različic prevajalnika).

1.2. ICD modul

Za programiranje in razhroščanje programov (angl.: Debugging, kontrolirano izvajanje programa) v ciljnem sistemu MPU-PIC16F876 je predvidena uporaba **ICD(1) modula** [9].

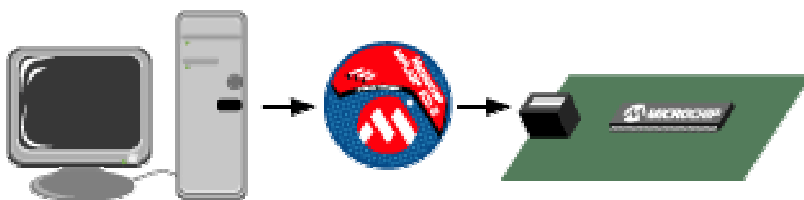
Proizvajalec **Microchip** [7] je hkrati s predstavitvijo mikrokontrolerov 16F87x dal na tržišče razmeroma dostopen in zmogljiv razvojno-testni komplet za programiranje in testno izvajanje programov (razhroščanje) v ciljnem sistemu **ICD** (angl.: In Circuit Debugger). Prednost uporabe **ICD** modula napram cenejšim različicam programatorjev je v tem, da je možno serijsko programiranje kar v vezju (**ICSP**, angl.: In Circuit **S**erial **P**rogramming), kar pomeni, da ni potrebno fizično poseganje v vezje.

ICD modul (Slika 1-6) je na eni strani povezan z osebnim računalnikom na serijska vrata (COMx port oz. RS232C), na drugi strani pa na ciljni sistem z vzporednim ali telefonskim kablom preko 10-polnega ali 6-polnega (telefonskega) konektorja. **ICD** modul deluje pod kontrolo programskega okolja **MPLAB** (V5.70) in omogoča razen programiranja tudi testno izvajanje programa (izvajanje po korakih, izvajanje do prekinitevne točke, sledenje spremenljivk in pomnilniških lokacij, ...).



Slika 1-6: Shematski prikaz povezave ICD(1) modula

Kasneje je **Microchip** dal na tržišče prenovljeno različico modula pod imenom **ICD2** (Slika 1-7), ki uporablja popularnejšo povezavo z osebnim računalnikom (**USB**) in podpira širši nabor mikrokontrolerov s FLASH ROM pomnilnikom (tudi 18Fxxx), razen tega pa tudi omogoča uporabo naprednejše različice **MPLAB** integriranega programskega okolja (V6.xx).

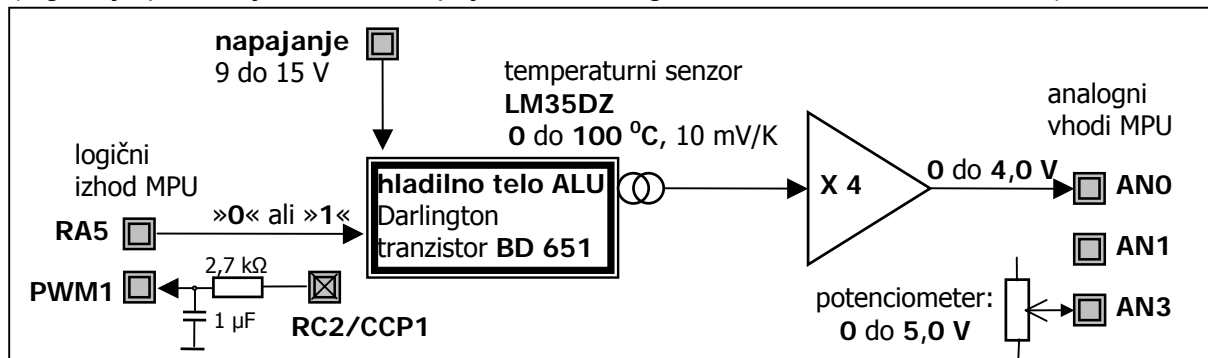


Slika 1-7: Simbolični prikaz povezave ICD2 modula

Opozorilo: Če uporabljamo ICD modul tudi za razhroščanje (angl.: Debug mode, kontrolirano izvajanje programa), se moramo zavedati, da so zaradi komunikacije s ciljnim mikrokrmilnikom **zasedena nekatera sredstva**: linije **RB3**, **RB6**, **RB7**, del programskega pomnilnika (na koncu ROM-a) in del podatkovnega pomnilnika.

1.3. MPU-GREL aplikacijski modul

MPU-GREL je kartica (Slika 1-8), ki vsebuje polprevodniški temperaturni senzor (signal je preko ojačevalnika spojen na analogni vhod mikrokrmilnika **AN0**).



Slika 1-8: Blokovna shema aplikacijskega modula MPU-GREL

Senzor **LM35DZ** je pritrjen na aluminijasto hladilno telo, ki pripada močnostnemu tranzistorju, katerega je možno segreti z vklopom oz. izklopom preko digitalnega (preklopnega, logičnega) izhoda mikrokrmilnika **RA5**.

Na kartici (podrobna shema: http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/mikro_el/PIC_grelec.pdf) je na voljo še nekaj priključkov PIC16F876, ki so namenjeni testiranju vmesnikov in preizkušanju programov:

- **AN1** – prost priključek za analogni vhod številka 1;
- **AN3** – priključek za analogni vhod številka 3, oziroma pozitivno referenčno vrednost V_{ref+} (na sponko je priključen potenciometer za ročno nastavitev napetosti, ki je fizično nameščen na MPU modulu, konektor J3);
- **PWM1** – filtriran pulzno-širinski izhod (priključek mikrokrmilnika **RC2/CCP1**), ki je speljan preko RC člena s časovno konstanto približno 2,7 ms.

Za razumevanje tematike je potrebno tudi predznanje iz osnov digitalne elektronike in gradnikov mikroprocesorskih sistemov, kar je na voljo med drugim v [3]. Dobri opisi zgradbe in uporabe sistemov s PIC mikrokrmilniki so tudi v [2] in [6].

Vprašanja za utrjevanje:

1. Kateri moduli tvorijo MPU-PIC16F876 komplet ?
2. Kakšen tip procesne enote je vsebovan v mikrokrmilniku PIC16F876 ?
3. Kakšni pomnilniški elementi so vsebovani v mikrokrmilniku PIC16F876 ?
4. Koliko vhodno/izhodnih priključkov ima mikrokrmilnik PIC16F876 ?
5. Katere funkcije opravlja ICD modul ?
6. Katere vhodne in izhodne signale vsebuje modul MPU-GREL ?