



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## DOKUMENTÁCIA PROJEKTU MPC-POR

DOCUMENTATION OF MPC-POR PROJECT

*SEMESTRÁLNÍ PROJEKT*  
*SEMESTRAL PROJECT*

AUTOR PRÁCE

Bc. Lukáš Prusák

AUTHOR

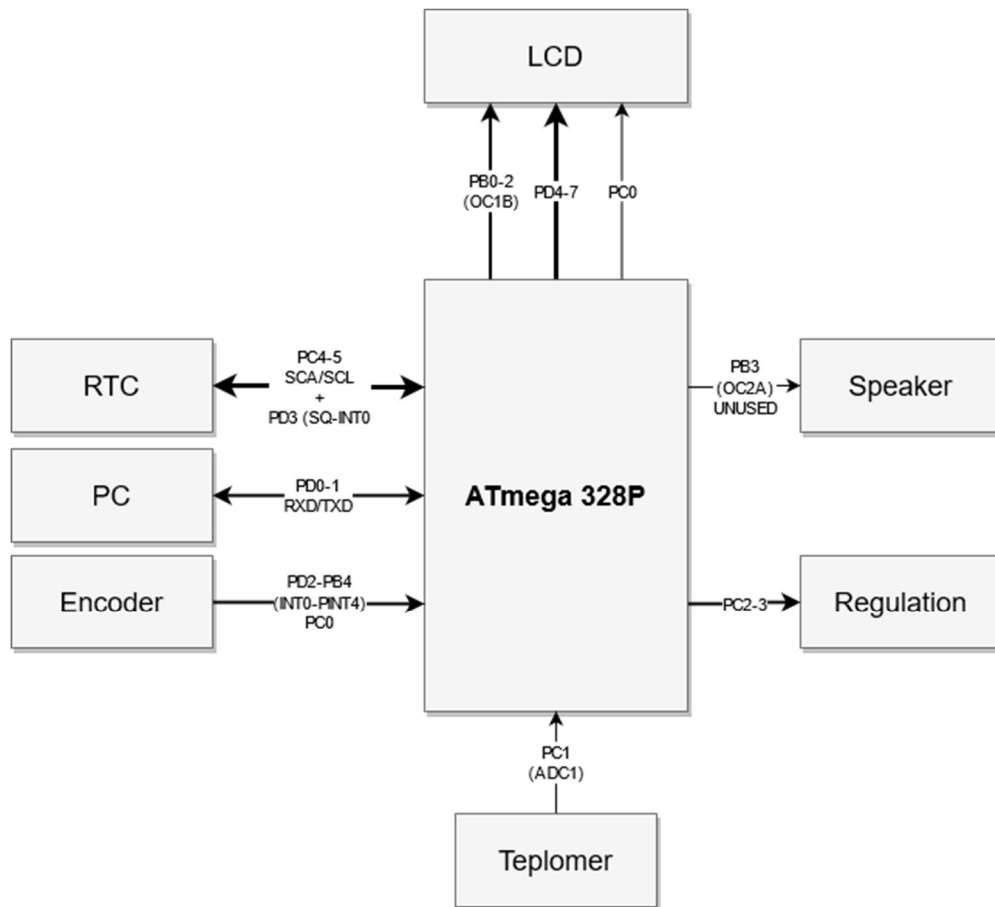
# Dokumentácia termostatu

## Obsah

Pinout .....	3
Štruktúra termostatu.....	4
Vykresľovanie na display .....	4
Aktuálny čas.....	6
Periodické úlohy .....	6
Meranie teploty .....	8
Kalibrácia teploty.....	8
Regulácia teploty .....	8
Mód regulácie.....	9
Stavy .....	9
Ovládanie.....	10
Menu .....	10
Programové menu .....	11
Ukladanie na EEPROM.....	11
Možné vylepšenia.....	12

## Pinout

- PB2 (OC1B)** - PWM pre reguláciu jasu LCD (8 - bit Fast PWM)
- PD3 (INT0)** - Prerušenie SQ generovanému výstupu 1 Hz z RTC (nástupná hrana)
- PD0-PD1** - USART
- PD2+PB4** - Prerušenia rotačného enkóderu A/B (každá zmena)
- PC0** - Prerušenia tlačidla enkóderu + tlačidlá pod LCD (okrem Selec/ nevyužíva sa ADC)
- PC1 (ADC1)** - ADC prevodník na teplotu
- PB3 (OC2A)** - PWM reproduktoru (nie je použitý)

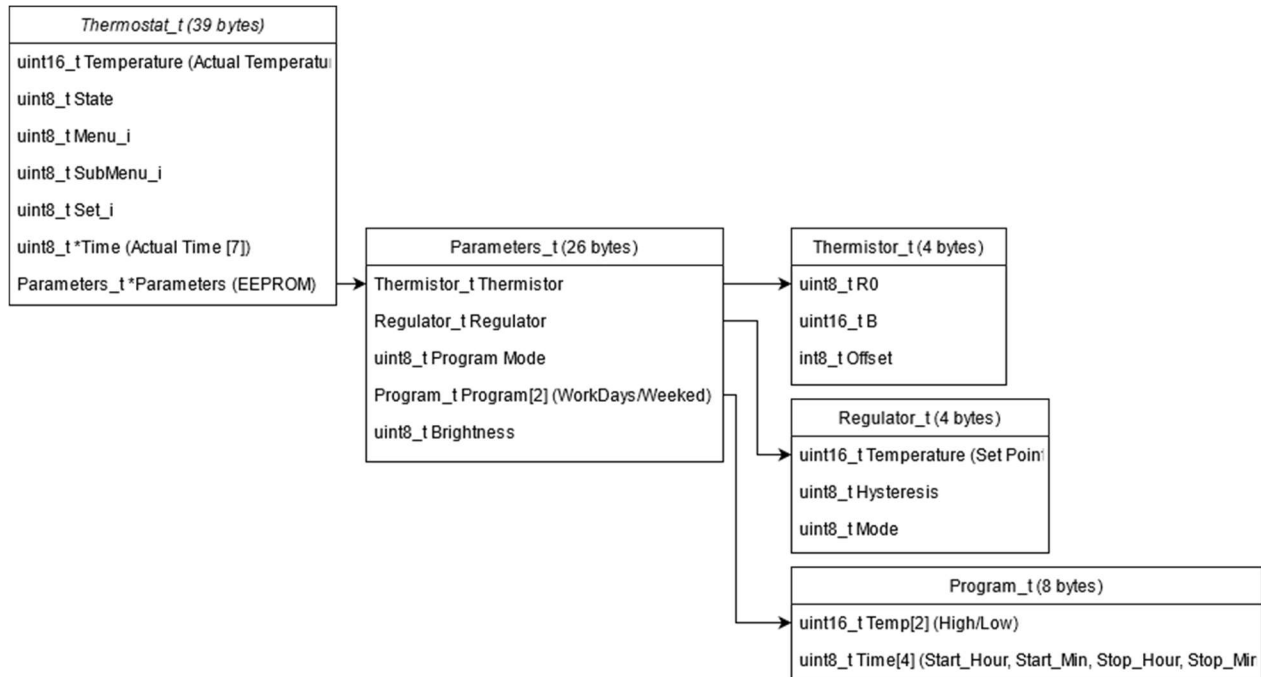


Obrázok 1: Pinout termostatu

## Štruktúra termostatu

Pre posielanie vstupných premenných do funkcií sa vytvorila celková štruktúra termostatu a následne sa do funkcií posielal ukazateľ na jej počiatok.

Ná *obrázku č.1* je možné vidieť jej tvar.



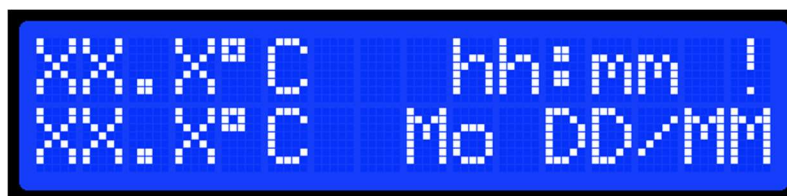
Obrázok 2: Štruktúra termostatu

To umožnilo rozdeliť si parametre do logických skupín, ako napríklad štruktúra **Parameters\_t**, ktorú je následne možné pomocou ukazateľa a jej veľkosti načítať z pamäte **EEPROM**. Preto sa v tejto štruktúre nachádzajú parametre, ktoré je nutné pri výpadku napájania obnoviť.

## Vykresľovanie na display

Vykresľovanie na LCD display, je rozdelené na dve tzv. Stránky, kde na prvej sa stále nachádzajú všetky potrebné informácie pre užívateľa ako **aktuálna a žiadaná teplota**, **aktuálny dátum a čas** a informácia o **aktuálnom stave regulára**, či možnej **chyby**.

Formát zobrazenia prvej stránky je zobrazený na *obrázku č.2*.

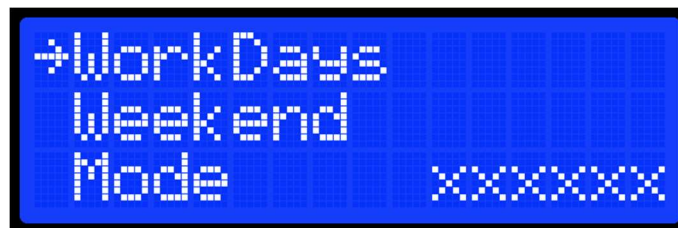


Obrázok 3: Prvá stránka LCD Displeja

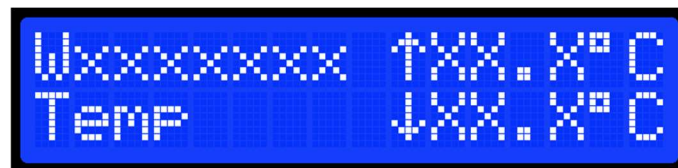
Druhá stránka je dynamická a stále sa prekresľuje, pretože slúži na zobrazenie všetkých možných nastavení termostatu. Všetky možné variant sú zobrazené na *obrázkoch 3,4,5,6*.



Obrázok 4: Hlavné menu termostatu



Obrázok 5: Programové menu termostatu



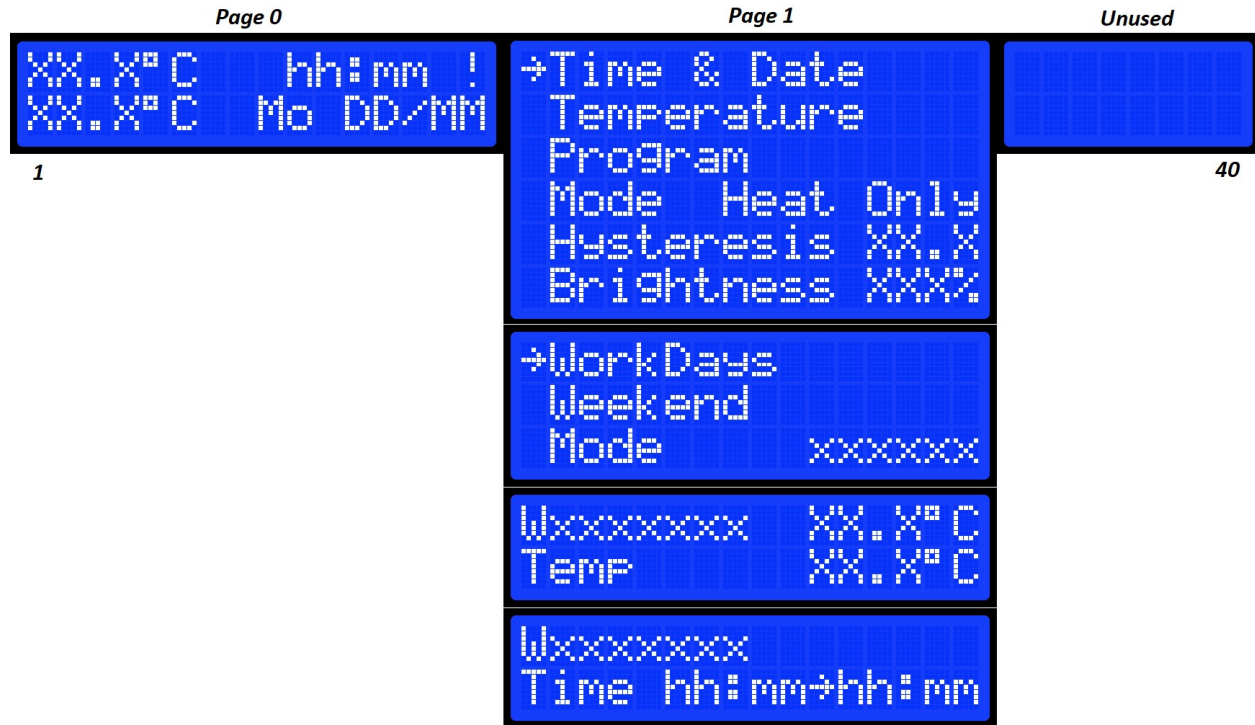
Obrázok 6: Nastavenie teplôt programu



Obrázok 7: Nastavenie časov program

Na obrázku č.7 je zase vidieť, ako bola pri tomto projekte využitá pamäť LCD kontroléru HD44780, aby sa predišlo prebytočnému prepisovaniu najpoužívanejších digitov.

Taktiež prvá stránka sa prepisujú hodnoty iba pri ich zmene. Detailnejší popis sa nachádza v kapitole: [Periodické úlohy](#).



Obrázok 8: Zobrazenie využitia pamäte LCD kotroléru HD44780

## Aktuálny čas

Na získavanie aktuálneho času sa používa RTC modul, ktorý taktiež vytvára oblžníkový signal o frekvencií 1Hz, ktorý generuje prerušenie a tak sa každú sekundu môže načítať čas, alebo sa môže vykonať aj iná časť programu, ktorú je potrebné vykonávať periodicky. Detailnejšie popísané v ďalšej podkapitole

### Periodické úlohy.

Ako je možné vidieť na obrázku č.3, sa na prvej stránke LCD nenachádzajú sekundy, pretože to nie je tak dôležité pre orientáciu sa v čase, preto je nutné prepisovať minúty len v momente keď sekundy pretečú, čiže ich hodnota je 0. Rovnaký princíp platí aj pri prepisovaní hodnoty hodín atď.

Z tohto dôvodu je v programe vytvorený register PTR (Periodic Task Register), v ktorom sa nastavujú vlajky pre periodické úlohy, podľa ktorých sa určuje či sa majú vykonať.

### Periodické úlohy

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	<b>PTREN</b>	<b>PTRSEC</b>	<b>PTRMIN</b>	<b>PTRHOUR</b>	<b>PTRDAY</b>	<b>PTRWEEK</b>	<b>PTRMONTH</b>	<b>PTRYEAR</b>	<b>PTR</b>
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obrázok 9: Periodic Task Register

- **Bit 7 – PTREN: Periodic Task Enable**

Tento Bit povolí všetky periodické úlohy, okrem nutných kontrol (kontrola pretečenia millis)

- **Bit 6 – PTRSEC: Periodic Task Every Second**

Tento Bit povolí všetky úlohy, ktoré sa majú vykonávať každú sekundu. Tento bit sa nastaví pri prerušení vyvolanom SQ generovaným signálom z RTC hodín.

Každú sekundu je taktiež nutné kontrolovať, pretečenie všetkých hodnôt času.

- **Bit 5 – PTRMIN: Periodic Task Every Minute**

Tento Bit povolí všetky úlohy, ktoré sa majú vykonávať každú minútu. Tento bit sa nastaví pri pretečení sekúnd, čiže ak ich hodnota je rovná 0.

- **Bit 4 – PTRHOUR: Periodic Task Every Hour**

Tento Bit povolí všetky úlohy, ktoré sa majú vykonávať každú hodinu. Tento bit sa nastaví pri pretečení zároveň sekúnd a minút, čiže ak ich hodnota je rovná 0.

- **Bit 3 – PTRDAY: Periodic Task Every Day**

Tento Bit povolí všetky úlohy, ktoré sa majú vykonávať každý deň. Tento bit sa nastaví pri pretečení zároveň sekúnd, minút a hodín, čiže ak ich hodnota je rovná 0.

- **Bit 2 – PTRWEEK: Periodic Task Every Week**

Tento Bit povolí všetky úlohy, ktoré sa majú vykonávať každý týždeň. Tento bit sa nastaví pri pretečení zároveň sekúnd, minút, hodín a dní v týždni, čiže ak ich hodnota je rovná 0.

- **Bit 1 – PTRMONTH: Periodic Task Every Month**

Tento Bit povolí všetky úlohy, ktoré sa majú vykonávať každý mesiac. Tento bit sa nastaví pri pretečení zároveň sekúnd, minút, hodín a dní v mesiaci, čiže ak ich hodnota je rovná 0.

- **Bit 0 – PTRYEAR: Periodic Task Every Year**

Tento Bit povolí všetky úlohy, ktoré sa majú vykonávať každý mesiac. Tento bit sa nastaví pri pretečení zároveň sekúnd, minút, hodín, dní v mesiaci a mesiacov, čiže ak ich hodnota je rovná 0.

Táto štruktúra sa využíva primárne na šetrné prepisovanie času, ale môže sa využiť na čokoľvek.

V tomto projekte je využívaná okrem prepisovania takto:

**Každú sekundu:**

- Kontrola pretečenia millis, pre debouncovacie časi dekodera
- Meranie aktuálnej teploty
- Reguláciu teploty
- Vykreslenie aktuálnej teploty

- Čítanie samotného času a nastavovanie PTR

**Každú minútu:**

- Automatické nastavovanie teploty podľa program

**Každý deň:**

- Denná kontrola pri prechode z pracovného programu na víkendový a naopak

## Meranie teploty

Ako bolo vysvetlené v predošlej časti [Periodické úlohy](#), meranie teploty nastáva každú sekundu, pretože nie je nutné ju merať častejšie.

Po odmeraní sa teplota vypíše na LCD a pošle sa na vyhodnotenie do funkcie regulátora ([Regulácia teploty](#)).

### Kalibrácia teploty

Merací snímač NTC, má 3 softwarovo nastaviteľné parametre, z čoho 2 je možné nastaviť iba pomocou konzole cez USART protocol.

- **Offset [°C]**
- **$\beta$**  (iba USART)
- **R0 [k $\Omega$ ]** (iba USART)

Offset sa taktiež nedá nastaviť priamo, ale iba tak, že užívateľ nastaví aktuálnu teplotu podľa kalibračného teplomera a následne sa podľa zmeranej teploty, aktuálne nastavenej teploty a pôvodného offset vypočíta jeho nová hodnota, ktorá vykalibruje ďalšie merania.

## Regulácia teploty

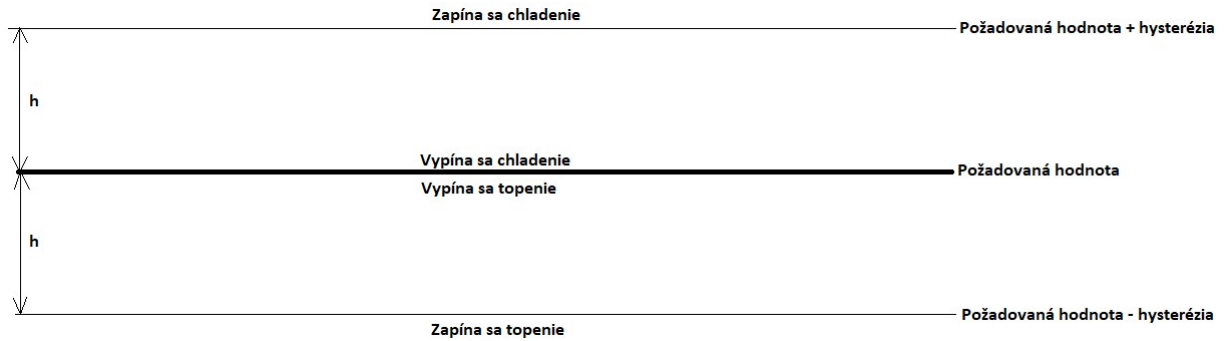
Regulátor teploty má 3 nastaviteľné parametre, pri čo jeden z nich je požadovaná teplota.

- **Teplota [°C]**
- **Hysterézia [°C]**
- **Mód**

Regulátor obsahuje aj globálnu premennú, ktorá určuje jeho stav, aby dokázal regulovať s určitou hysteréziou.

Spôsob fungovania regulácie, je graficky vyobrazený ne *obrázku č.10*





Obrázok 10: Funkcionalita regulátora teploty

Regulátor jednoducho vypína reguláciu až po dosiahnutí požadovanej teploty a zapína reguláciu ak je aktuálna teplota rozdielna od požadovanej práve o hodnotu hysterézie.

Reguláciu, je možné aj obmedzovať nastavením módu regulácie.

### Mód regulácie

Regulátor je možné nastaviť do štyroch módov:

- **Off** - regulácia je vypnutá
- **On** - zapnutá obojstranná regulácia (topenie a chladenie)
- **Heat Only** - zapnuté je iba topenie
- **Cool Only** - zapnuté je iba chladenie

### Stavy

Termostat funguje ako stavový automat, ktorý prechádza do rôznych správov pomocou ovládania rotačným enkodérom. Termostat sa väčšinu času nachádza vo východnom stave, kde každú sekundu meria teplotu, reguluje a aktualizuje čas.

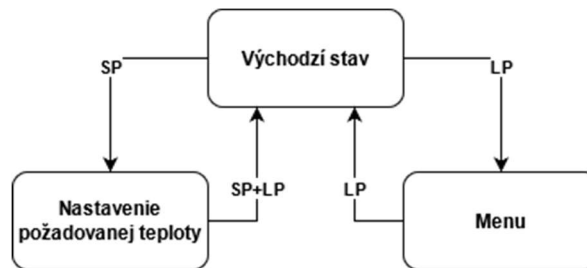
- **Východzí stav**
- **Nastavenie požadovanej teploty**
- **Menu**
- **Nastavenie dátumu a času**
- **Nastavenie offsetu termistora**
- **Menu programu**
- **Nastavenie módu programu**
- **Nastavenie teplôt programu**
- **Nastavenie časov programu**
- **Nastavenie módu regulátora**
- **Nastavenie hysterézie**
- **Nastavenie jasu**
- **Chybný stav**

## Ovládanie

Termostat, má iba jeden ovládací prvok a tým je rotačný encoder, ktorý v tomto projekte môže naddobúdať 5 stavov:

- **No Action** – Enkóder negeneruje žiadne prerušenia  
(Pri tomto stave termostat nikdy nemení svoj aktuálny stav)
- **SP (Short Press)** – alebo taktiež krátky klik  
(Primárne slúži ako vstup do nasledujúceho stavu/potvrdenie nastavenej hodnoty)
- **LP (Long Press)** – Podržanie tlačidla na (0.5 sekúnd)  
(Primárne slúži ako návrat do predošlého stavu/predčasné ukončenie nastavenia)
- **SL (Shift Left)** – alebo Counter Clock wise
- **SR (Shift Right)** – alebo Clock wise
- **Timeout** – Enkóder negeneruje prerušenie počas doby dlhšej ako 10 sekúnd  
(Po dosiahnutí tohto stavu, termostat uloží nastavené parametre a vráti sa do východzieho stavu)

Na obrázku č.11, je možné vidieť správanie termostatu, pri generovaní rôznych stavov enkódéra.

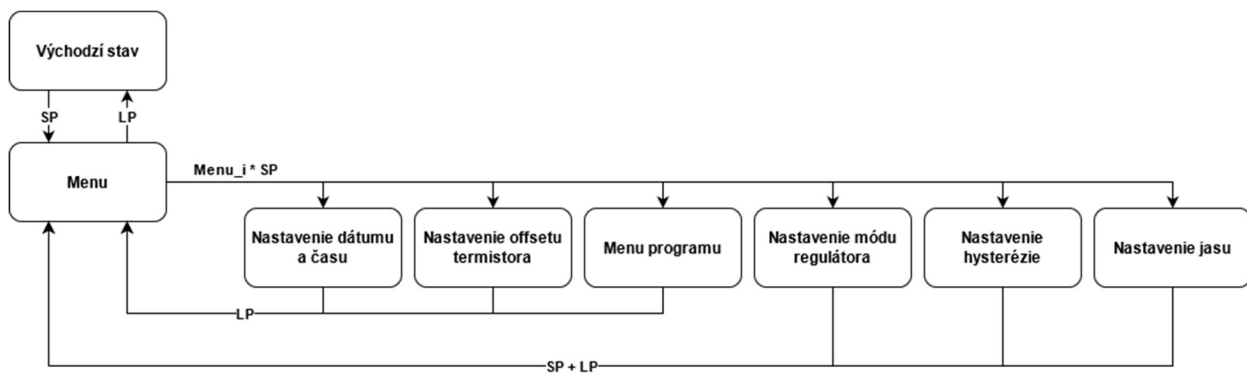


Obrázok 11: Stavový diagram pre východzí stav

**SL a SR**, slúžia výhradne orientovanie sa v menu a nastavovanie hodnôt, nedokážu však zmeniť stav termostatu.

## Menu

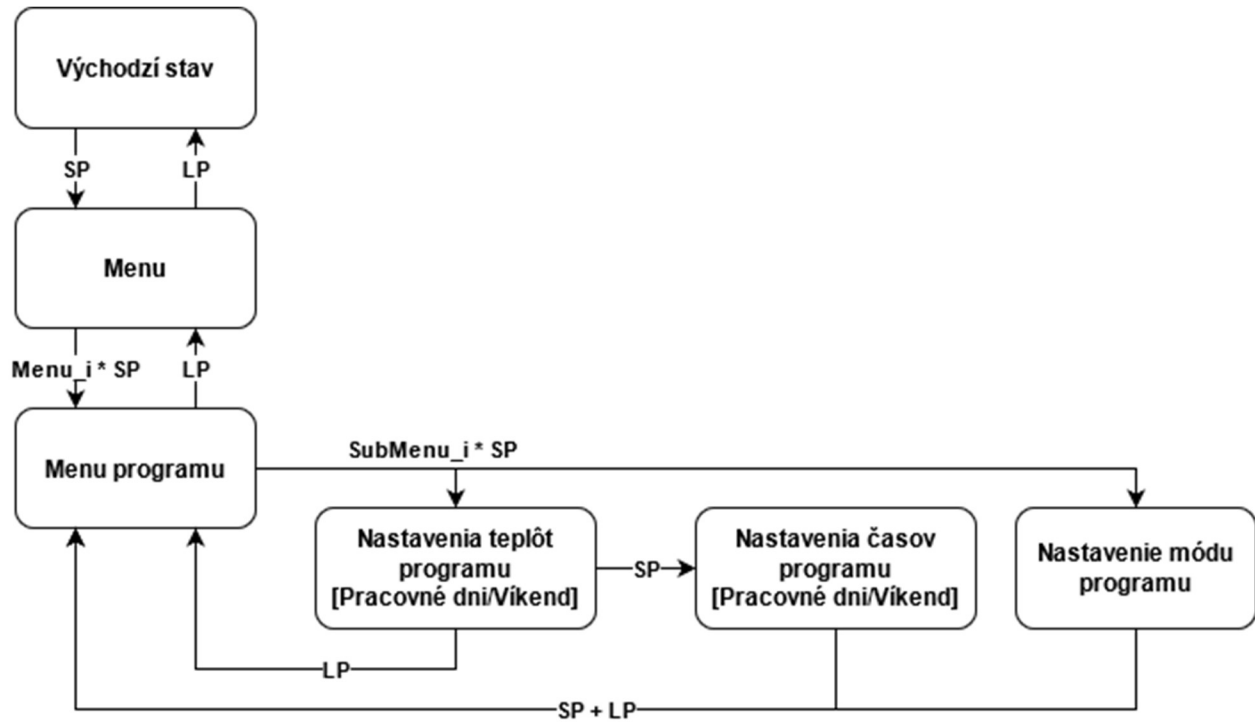
Pomocou menu sa môže termostat dostať do všetkých ostatných stavov, ako je vidieť na obrázku č.12.



Obrázok 12: Stavový diagram menu

## Programové menu

Programové menu umožňuje výber nastavenia módu programu, ale taktiež aj nastavenie pre pracovné dni a víkendy.



Obrázok 13: Stavový diagram programového menu

## Ukladanie na EEPROM

Pri každej zmene premenných v štruktúre `Parameters_t`, sa daná časť uloží do pamäte EEPROM, na svoju adresu podľa veľkostí jednotlivých častí štruktúry.

- **Thermistor** (4 B)
- **Regulator** (4 B)
- **Program** (17 B)
- **Brightness** (1 B)

Následne pri výpadku napájania, sa do programu načíta celá štruktúra naraz o veľkosti **39 B**.

## Možné vylepšenia

- Vlastné LCD znaky pre topenie, chladenie, atď.
- Mierna úprava hysterézie, aby brala do úvahy zotrvačnosť systému a vypínala by reguláciu pred dosiahnutím teploty
- Nastavenie aktuálneho roku priamo na termostate nie iba cez USART
- Sleep mode termostatu, kde by úspával svoju činnosť a zobúdza by sa na prerušenia vygenerované SQ generátorom alebo rotačným enkóderom. Prípadne nastavenie, vypínania jasu počas nečinnosti, pre úsporu energie.
- Pokročilejší error handling nežiadúcich stavov
- Továrenské nastavenie, uložené na EEPROM
- Zvuková signalizácia pomocou reproduktoru