

Automatizované měření neelektrických veličin

MPC-EMS

Josef Brabenec
Dominik Fuxa

Projekt 2023
Ing. Zdeněk Havránek, Ph.D.



Vysoké učení technické v Brně

Obsah

1	Rozbor zadání	2
2	Aplikační flow	3
3	Ukázka hlavního okna aplikace	4
4	Použité SCPI příkazy v aplikaci	5
5	Ukázka změřených dat	6

Seznam obrázků

2.1	Stavový diagram	3
3.1	Hlavní okno aplikace	4
4.1	Logika stavu Measure	5

1 Rozbor zadání

Obecné zadání: Měření teploty pomocí termočlánekového snímače teploty typu K a multimetru Agilent 34401A ve funkci milivoltmetru s externí kompenzací teploty srovnávacího spoje pomocí snímače Pt100 (nebo Pt1000) přímým měřením odporu pomocí multimetru Keysight 34450A v zapojení čtyřvodičovém (Pracoviště 7).

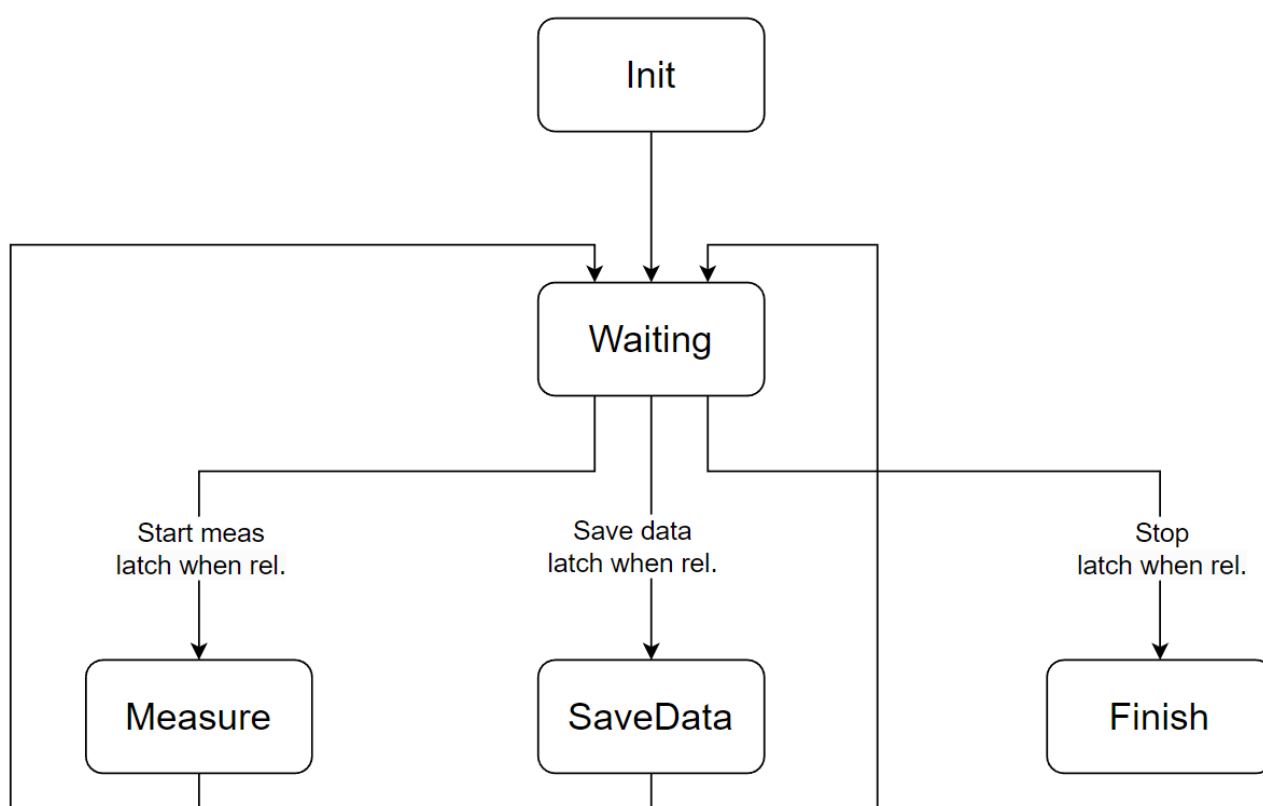
Specifické požadavky zadání:

1. Uživatel bude mít možnost nastavit rychlost měření teploty - počet získaných vzorku za sekundu a celkový počet změřených hodnot.
2. Uživatel bude moci také zvolit počet vzorku, ze kterých se bude počítat průměrná hodnota (max. 20). Tyto parametry budou platit pro měření výstupního napětí z termočlátku, tak i pro měření odporu platinového snímače (teploty srovnávacího spoje). Všechny rozsahy zadávaných hodnot (nebo výběr z hodnot) volte vhodně s ohledem na parametry multimetru.
3. Program bude na základě zadané rychlosti měření průběžně zobrazovat jednotlivé naměřené hodnoty napětí na termočlátku a odporu platinového snímače. Po odměření zadaného počtu hodnot (n) vypočítá průměrné hodnoty - napětí, odporu, teploty srovnávacího spoje a výslednou měřenou teplotu s kompenzací. Všechny průměrné hodnoty bude průběžně zapisovat do tabulky s časovou značkou (čas vzorku $n/2$, UT, RPt, tM, tR).
4. Citlivosti jednotlivých snímačů zadá uživatel (např. $41 \text{ uV}/^{\circ}\text{C}$, $0,385/^{\circ}\text{C}$).
5. Program bude průběžně zobrazovat průměrnou hodnotu teploty srovnávacího spoje a skutečné měřené teploty termočlánekem (s kompenzací) v grafu.

2 Aplikační flow

Aplikace je navržena jako stavový automat, s celkem 5 stavů.

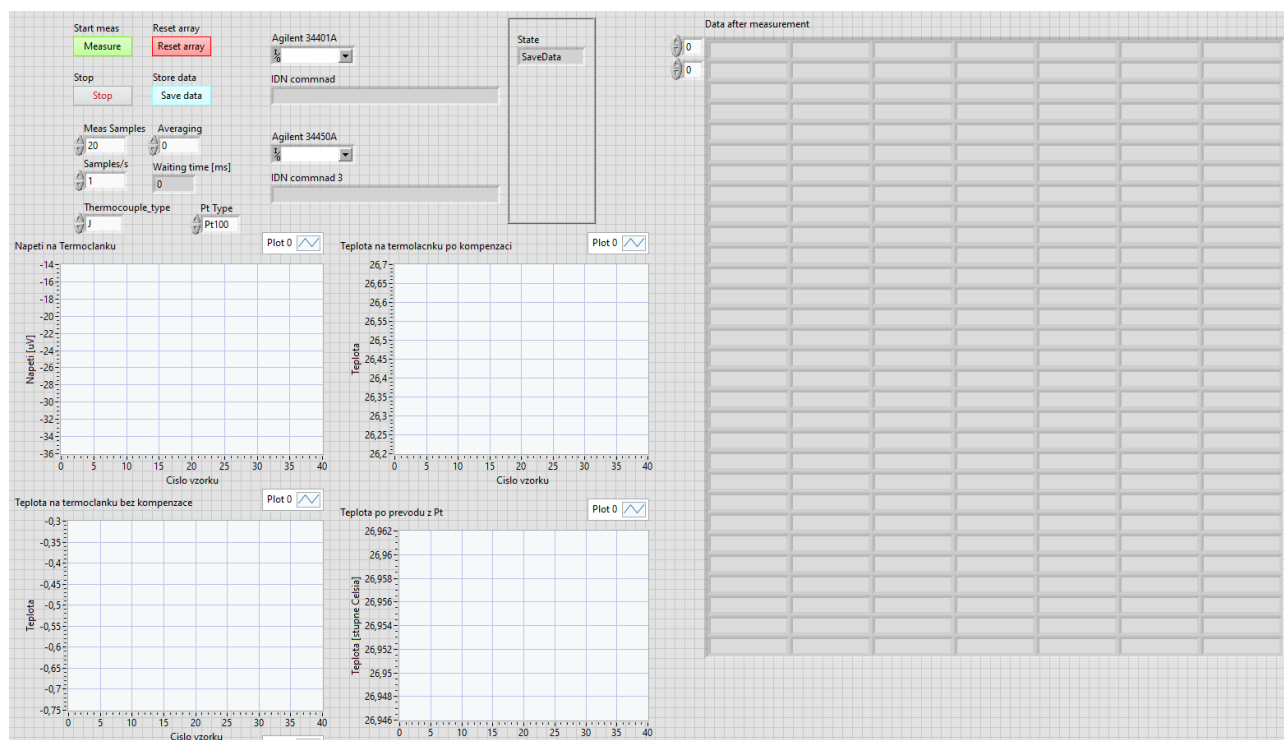
1. **Init** - Prvotní nastavení komunikace (Data bits, Parity, Baud, ...), následná zkouška komunikace pomocí příkazu "IDN?" a zapsání následné odpovědi přístroje do výstupní proměnné.
2. **Waiting** - čekání na stisknutí tlačítka
3. **Measure** - Spuštění měření s nastavenými typem termočlánku a platinovým termistorem
4. **SaveData** - uložení dat do csv souboru
5. **Finish** - ukončení komunikace a vypnutí aplikace



Obrázek 2.1: Stavový diagram

3 Ukázka hlavního okna aplikace

Před samotným spuštěním měření je potřeba nastavit komunikační kanály pro měřicí přístroje, počet vzorků za sekundu, celkový počet vzorků a počet vzorků k průměrování. Uživatel si dále může nastavit o jaký typ termočlánku se jedná, a jaký typ platinového termistoru je připojen. Dále je zde 5 grafů (na obrázku jsou jen 4) do kterých se postupně vykreslují naměřené hodnoty napětí a odporu, dopočítané hodnoty teplot. V 2D poli vpravo je náhled naměřených dat, které mohou být uloženy do souboru csv.

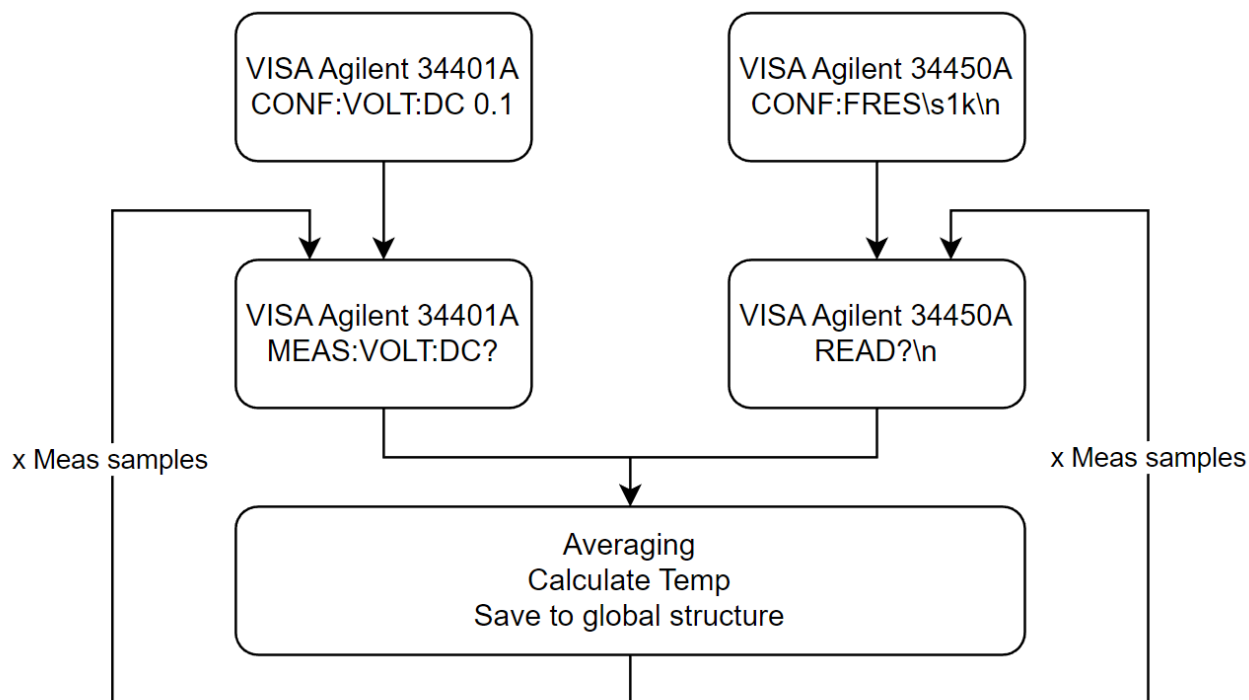


Obrázek 3.1: Hlavní okno aplikace

4 Použité SCPI příkazy v aplikaci

Kompletní seznam příkazů:

1. SYST:REM, SYST:COMM:ENAB ON, USB - přepnutí do remote režímu
2. CONF:VOLT:DC 0.1 - nastavení měření napětí s citlivostí
3. CONF:FRES 1k - nastavení měření odporu v 4 vodičovém zapojení
4. MEAS:VOLT:DC?, READ? - čtení dat z multimetru



Obrázek 4.1: Logika stavu Measure

5 Ukázka změřených dat

Níže je ukázka změřených dat, které byly následně uloženy přímo aplikací a akorát byly překonvertovány do latechové tabulky.

Date	Time	TC_Vol [uV]	TC_Tem [Cel]	TC_Tem_Com [Cel]	PT_Res [Ohm]	PT_Temp [Cel]
27.04.2023	15:55:17	-35,263	-0,705	26,242	1105,365	26,947
27.04.2023	15:55:18	-34,594	-0,692	26,261	1105,386	26,953
27.04.2023	15:55:19	-34,371	-0,687	26,263	1105,378	26,951
27.04.2023	15:55:20	-33,999	-0,680	26,268	1105,365	26,948
27.04.2023	15:55:21	-32,883	-0,658	26,294	1105,380	26,951
27.04.2023	15:55:22	-32,543	-0,651	26,302	1105,384	26,953
27.04.2023	15:55:23	-32,310	-0,646	26,307	1105,387	26,953
27.04.2023	15:55:24	-31,853	-0,637	26,318	1105,395	26,955
27.04.2023	15:55:25	-30,588	-0,612	26,341	1105,384	26,952
27.04.2023	15:55:26	-29,600	-0,592	26,358	1105,374	26,950
27.04.2023	15:55:26	-29,526	-0,591	26,365	1105,394	26,955
27.04.2023	15:55:27	-29,271	-0,585	26,365	1105,378	26,951
27.04.2023	15:55:28	-29,154	-0,583	26,371	1105,391	26,954
27.04.2023	15:55:29	-29,398	-0,588	26,366	1105,389	26,954
27.04.2023	15:55:30	-29,600	-0,592	26,364	1105,396	26,956
27.04.2023	15:55:31	-29,696	-0,594	26,360	1105,391	26,954
27.04.2023	15:55:32	-29,473	-0,589	26,365	1105,392	26,954
27.04.2023	15:55:33	-29,080	-0,582	26,371	1105,386	26,953
27.04.2023	15:55:34	-28,548	-0,571	26,383	1105,391	26,954
27.04.2023	15:55:35	-28,240	-0,565	26,395	1105,411	26,959
27.04.2023	15:56:05	-21,207	-0,424	26,523	1105,365	26,948
27.04.2023	15:56:06	-20,739	-0,415	26,531	1105,359	26,946
27.04.2023	15:56:07	-20,410	-0,408	26,540	1105,369	26,949
27.04.2023	15:56:08	-20,442	-0,409	26,543	1105,383	26,952
27.04.2023	15:56:09	-20,452	-0,409	26,542	1105,379	26,951
27.04.2023	15:56:10	-19,953	-0,399	26,553	1105,381	26,952
27.04.2023	15:56:11	-19,581	-0,392	26,563	1105,393	26,955
27.04.2023	15:56:12	-19,284	-0,386	26,566	1105,380	26,952
27.04.2023	15:56:13	-18,954	-0,379	26,573	1105,381	26,952
27.04.2023	15:56:14	-18,742	-0,375	26,582	1105,403	26,957
27.04.2023	15:56:15	-18,253	-0,365	26,591	1105,397	26,956
27.04.2023	15:56:16	-17,849	-0,357	26,603	1105,415	26,960
27.04.2023	15:56:17	-17,626	-0,353	26,602	1105,394	26,955
27.04.2023	15:56:18	-16,840	-0,337	26,616	1105,387	26,953
27.04.2023	15:56:19	-15,926	-0,319	26,637	1105,394	26,955
27.04.2023	15:56:20	-16,213	-0,324	26,625	1105,372	26,949
27.04.2023	15:56:21	-16,086	-0,322	26,634	1105,395	26,955
27.04.2023	15:56:22	-15,480	-0,310	26,645	1105,391	26,954
27.04.2023	15:56:23	-15,735	-0,315	26,639	1105,389	26,954
27.04.2023	15:56:24	-15,342	-0,307	26,651	1105,404	26,958

Tabulka 5.0.1: Ukázka změřených dat