

# MULTICHANNEL INSTRUMENT FOR ELECTRO-CHEMICAL MEASUREMENT BY SENSOR ARRAY

**Jaromír Žák**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT  
E-mail: xzakja07@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jaromír Hubálek

E-mail: hubalek@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

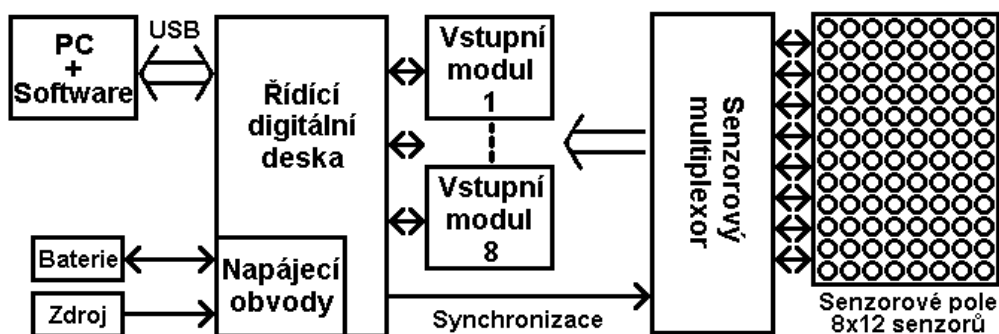
The main goal of this project is to make electronic instrument with eight single inputs for measuring electrochemical values with ability to measure values from sensor array. Device can be simply converted to measure another values than electrochemical (for example A-V, C-V, nonlinear characteristics or transfer functions). Measured data can be sent to user-friendly application in PC and can be analyzed or saved consequently.

## 1. ÚVOD

Chemické analýzy látek a rozbor jejich složení jsou dnes velmi žádanou činností, od potravinářství, nebo ekologie až po lékařství a další obory lidské činnosti [1]. V rámci tohoto projektu byl vyvíjen precizní, nízkošumový měřicí přístroj - potenciostat, primárně určený pro elektrochemická měření, který dosahuje úrovně inteligentního měřicího systému. Pro zvýšení efektivity analýzy je potenciostat vícekanálový, a navíc je schopný spolupracovat se sensorovými poli pomocí sensorového multiplexoru vyvinutého také v rámci projektu. Při vývoji byl kladen důraz i na flexibilitu zařízení a ne jen jeho jednocelové zaměření.

## 2. ROZBOR ZAŘÍZENÍ

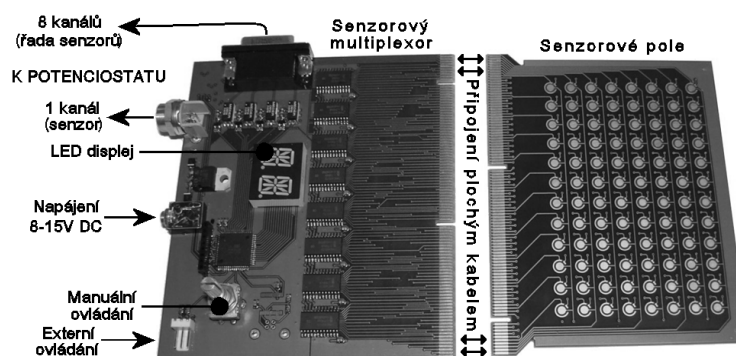
Vyvíjený přístroj se skládá z několika dílčích bloků. Jednak je to samostatný potenciostat s řídicí deskou a osmi vstupními analogovými moduly, dále pak sensorové pole, sensorový multiplexor a v poslední řadě i aplikace v počítači, jak je vidět na obrázku 1.



Obrázek 1: Blokové znázornění komponent vyvíjeného zařízení.

## 2.1. SENZOROVÉ POLE A MULTIPLEXOR

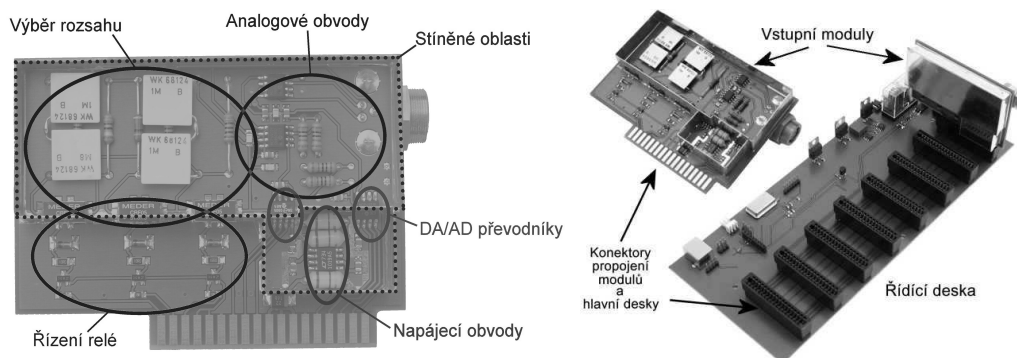
Převod chemických veličin na elektrické, je třeba realizovat senzorem, resp. polem s více senzory (lze jím zrychlit automatizovat měření). Sensory tvoří elektrody s aktivním materiálem, případně je aktivní elektroda samotná (např. rtuťová kapka v polarografii). Nejpoužívanější tříelektrodové senzory se jeví jako vhodný kompromis mezi přesností a složitostí senzoru [1]. Tvar a materiál elektrod nebyl v rámci práce vyvíjen, ale byl převzat z řešení jiného projektu Laboratoře mikrosenzorů a nanotechnologií (LabSensNano). Přínosem nové konstrukce je vytvoření recyklovatelné matice senzorů na plátovaný materiál FR4 s krycí maskou a zlacenými kontakty (viz. obrázek 2), kompatibilní se stávajícími přístroji.



**Obrázek 2:** Fotografie vytvořeného senzorového pole a multiplexoru pro výběr senzorů.

Dále byl vytvořen multiplexor pro výběr senzorů z pole. Ty jsou vybírány analogovými CMOS multiplexory (běžné elektrody) a jazýčkovými relé (pracovní elektrody). Multiplexor je řízen mikrokontrolérem, který může ovládat uživatel (režim manuálního výběru a automatické přepínání po čase), nebo je ovládán synchronizační linkou z potenciostatu (automatický výběr). Režim a vybraný senzor jsou zobrazeny LED displejem (viz. obrázek 2).

## 2.2. HLAVNÍ ZAŘÍZENÍ: 8-KANÁLOVÝ POTENCIOSTAT



**Obrázek 3:** Nákres uspořádání a fotografie vstupních modulů a řídicí desky.

Nejdůležitější částí projektu je potenciostat, který v reálném čase dle měřicí metody nastavuje napětí na senzorech, převádí měřené signály (proud) na data a ukládá je do paměti, odkud budou po měření načteny do PC. Jelikož odezvy senzorů jsou velmi malé (nejnižší rozsah přístroje je  $\pm 100$  pA), je důraz kladen především na přesnost, šumovou odolnost a stabilitu zařízení. Proto je potenciostat rozdělen na napájecí, digitální a analogovou část.

Nejkritičtější blok - analogové vstupní moduly obsahují veškeré prostředky pro zpracování analogových signálů. Data jsou dále předávána jen digitálně, což v kombinaci s odstíněním analogové části kovovou krabičkou, striktním oddělením precizní části od převodníků a napěťových obvodů (viz. obrázek 3) a dalších návrhových pravidel umožňuje dosáhnout

vynikajících vlastností, jež jsou uvedeny v tabulce 1. Navíc lze malou úpravou vstupů změnit funkci zařízení na měření jiných (nechemických) veličin, např. A-V charakteristik, přenosových funkcí apod. Tím získá zařízení na všestrannosti a víceúčelovosti.

Měření je řízeno digitální částí tvořenou mikrokontrolérem, programovatelným logickým obvodem CPLD, pamětí, USB řadičem a ovládacím firmwarem kontroléru a CPLD. Generování napětí, měření a ukládání dat 8 kanálů v reálném čase je náročné na výpočetní výkon, a proto byla zvolena varianta použití CPLD obvodu (pro obsluhu vstupních modulů, převodníků a paměti) v kombinaci s kontrolérem ovládajícím měření, napěťový blok, komunikaci s PC a sensorovým polem. Další variantou bylo implementovat mikrokontrolér přímo do CPLD, což by však byla asi 4x dražší varianta a proto od ní bylo ustoupeno.

Rozsah	$I_{\text{OFFSET}}$	$I_{\text{SUM}}$	Ostatní parametry (chyby)	
$\pm 10 \text{ mA}$	$-10 \text{ }\mu\text{A}$	$\pm 23 \text{ }\mu\text{A}$	DA převodníky:	14 bit ( $\pm 0,75 \text{ LSB}$ )
$\pm 100 \text{ }\mu\text{A}$	$-45 \text{ nA}$	$\pm 100 \text{ nA}$	AD převodníky:	13 bit ( $\pm 1 \text{ LSB}$ ), SAR
$\pm 1 \text{ }\mu\text{A}$	$-420 \text{ pA}$	$\pm 3 \text{ nA}$	Výstupní napětí:	$\pm 2,2 \text{ V}$ ( $\pm 1,2 \text{ mV}$ )
$\pm 10 \text{ nA}$	$-630 \text{ pA}$	$\pm 80 \text{ pA}$	Vzorkování:	$\leq 1000 \text{ vzorků/s}$
$\pm 100 \text{ pA}$	$-27 \text{ pA}$	$\pm 1,5 \text{ pA}$	Paměť RAM:	512 kB = $37400 \cdot 8 \text{ vzorků}$

**Tabulka 1:** Charakteristiky prototypu potenciostatů a vstupních modulů (měření probíhalo za běžných laboratorních podmínek se stíněnými nepřípojenými vstupy).

Poslední, zdrojová část zajišťuje napájení z baterie při měření (potlačí rušení ze zdroje napětí) a kontroluje automatické dobíjení baterie, když měření neprobíhá. Výhodou bateriového napájení je také možnost měření „v terénu“, kde lze jen s baterií měřit až 6 hodin.

### 2.3. OBSLUŽNÝ SOFTWARE V POČÍTAČI

Vzhledem k množství měřených dat je potenciostat kompletně řízený z PC. Proto byla vytvořena speciální aplikace pro zprostředkování komunikace počítače s potenciostatem a sensorovým polem. Program je koncipován jako uživatelsky příjemná multidokumentová aplikace s implementovanými osmi elektrochemickými metodami, volitelným průběhem a speciálními metodami měření [1]. Mimo to umožňuje aplikace zpracovat a statisticky vyhodnotit data, exportovat je do jiných programů, a usnadňuje uživateli organizaci měření.

## 3. ZÁVĚR

Během projektu byl vytvořen funkční prototyp 8-kanalového potenciostatů včetně obslužného softwaru a provedeno jeho testovací měření. V současné době se zařízení připravuje k měření na pracovištích na Mendelově univerzitě a na Masarykově univerzitě v Brně a probíhá jeho rozšíření o nové druhy měřících metod vyvíjených na zmíněných univerzitách.

## PODĚKOVÁNÍ

Práce byla vytvořena za podpory projektu KAN208130801 a projektu GAČR 102/08/1546.

## LITERATURA

- [1] HUBÁLEK, Jaromír; ADÁMEK, Martin. *Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy : skripta*. Brno : FEKT VUT v Brně, 2003. 123 s.