

Umelá zát'az s digitálnym riadením Riadiaci modul

Funkčná špecifikácia „Umelá zát'az s digitálnym riadením“

Maximálne vstupné napätie max. 40 V

Maximálny pracovný prúd 5 A

Maximálny stratový výkon 200 W

Komunikácia cez USB sériový port, SCPI príkazy

Používateľský interface s displejom a fyzickými ovládacími prvkami

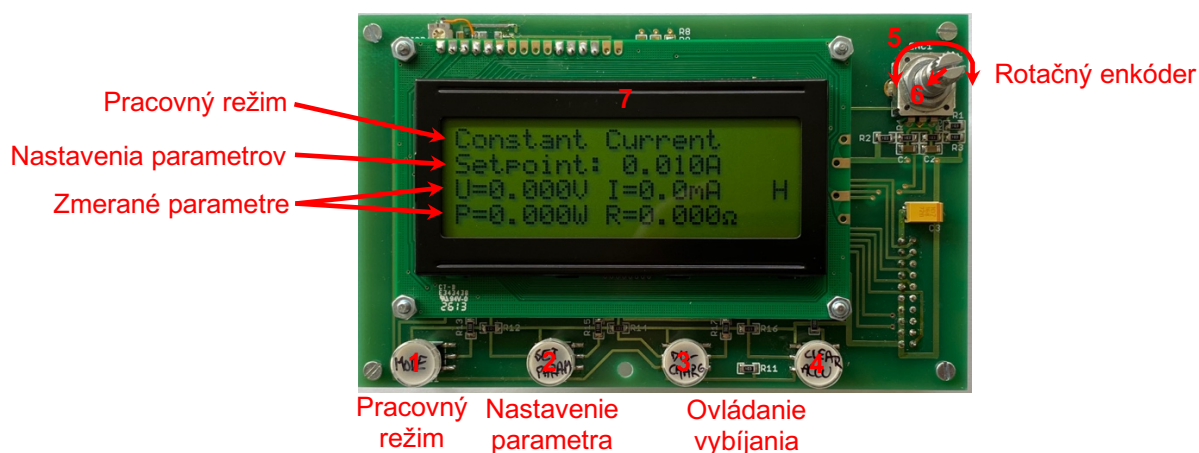
Pracovné režimy zát'aze:

- konštantný prúd,
- konštantný výkon,
- konštantný odpor,
- impulzný odpor,
- vybíjanie konštantným prúdom,
- vybíjanie konštantným výkonom

Upozornenie: Konštrukcie zo ZENIT-u sú u študentov veľmi populárne napríklad ako praktické maturity. Radi by sme Vás upozornili, že ide o chránené autorské dielo a na prebratie akejkoľvek jeho časti do Vašej maturitnej, alebo inej práce je nutné mať súhlas autorov (kontakt na konci dokumentu) a dielo správne citovať s uvedením plnej referencie zdroja.

Používateľský interface

Používateľský interface umelej zát'aze tvorí alfanumerický znakový LCD s veľkosťou 20x4 znaky (7), štyri podsvietené ovládacie tlačidlá (1-4) a rotačný enkóder (5-6). Samotné riadenie zabezpečuje mikrokontrolér ATmega 328 vo forme modulu Arduino Nano.



Displej v prvom riadku zobrazuje prevádzkový mód záťaže. V súčasnosti sú implementované módy Constant Current, Constant Resistance, Pulsed Resistance, Constant Power, Discharge by Constant Current, Discharge by Constant Power.

Druhý riadok zobrazuje nastavenie požadovaného prevádzkového parametra (parametrov) pre daný režim, napríklad hodnotu prúdu v režime konštantného prúdu.

Tretí a štvrtý riadok zobrazuje namerané aktuálne parametre. U je zmerané napätie na svorkách prístroja, I je zmeraný prúd cez aktívny bočník, P je vypočítaný stratový výkon, R predstavuje vypočítanú hodnotu ekvivalentného odporu na svorkách záťaže.

Prevádzkový režim umelej záťaže sa prepína stlačením tlačidla 1. Opakovaným stláčaním sa prechádza cez všetky pracovné módy. Múd sa aktivuje okamžite po stlačení tlačidla. V súčasnej implementácii riadiaceho softvéru je takisto okamžite aktívny aj nastavovaný prevádzkový parameter, t.j. napríklad prúd sa mení už počas nastavovania enkóderom. Záťaž (okrem režimu vybíjania) sa neaktivuje žiadnym tlačidlom.

Stlačením tlačidla 2 sa aktivuje režim nastavenia prevádzkového parametra. Na displeji sa aktivuje blikajúci kurzor, ktorý označuje číslicu, ktorá sa aktuálne ovláda otáčaním enkódera (5). Pri editácii sa kontrolujú limity danej veličiny. Stlačením tlačidla enkódera sa editácia posunie o jednu číslicu doľava (napríklad z 0,01A na 0,1A). Ak prevádzkový mód obsahuje viacero parametrov, nastavovanie požadovanej číslice sa robí opakovaným stláčaním tlačidla enkódera.

V režime vybíjania sa používajú tlačidlá 3 a 4. Na rozdiel od predchádzajúcich módov je vybíjanie normálne neaktívne, t.j. záťaž je odpojená. Vybíjanie sa aktivuje stlačením tlačidla 3. Opakovaným stlačením tlačidla 3 je možné vybíjanie pozastaviť a znova aktivovať. Stlačením tlačidla 4 sa vynulujú počítadla pretečenej energie a času vybíjania.

Prevádzkové módy umelej záťaže

Zelenou je označený voliteľný parameter pre daný mód prevádzky

Režim konštantného prúdu

V režime konštantného prúdu sa nastavuje požadovaná hodnota prúdu. Mikrokontrolér rozhoduje, či použije nízkoprúdový rozsah (L), alebo vysokoprúdový rozsah (H).

Displej prístroja:

01234567890123456789	
0 Constant Current	Prevádzkový mód
1 Setpoint: 1.000A	Parametre módu
2 U=3.300V I=1.000A L	Stav a meranie v reálnom čase
3 P=3.300W R=3.300Ω	Stav a meranie v reálnom čase

Relevantné SCPI príkazy:

CONSTI:CUR 1.234 nastaví setpoint na hodnotu 1.234A

CONSTI:CUR? vráti aktuálnu hodnotu setpointu

MODE:CONSTI aktivuje mód konštantného prúdu

MODE? vráti hodnotu aktuálneho prevádzkového módu

MEAS:V? vráti zmeranú hodnotu napätia na svorkách prístroja

MEAS:I? vráti zmeranú hodnotu prúdu na svorkách prístroja

MEAS:P? vráti hodnotu stratového výkonu na záťaži
MEAS:R? vráti zmeranú hodnotu ekvivalentného odporu na svorkách prístroja

Režim konštantného odporu

V režime konštantného odporu sa nastavuje požadovaná hodnota odporu. Mikrokontrolér na základe zvolenej hodnoty odporu zvolí ktorý referenčný bočník sa použije (pre $R < 12 \Omega$ sa používa nízkoohmový), a priebežne na základe zmeraného vstupného napätia a zvolenej hodnoty odporu vyhodnocuje pretekajúci prúd a používa patričný prúdový rozsah (nizkoprúdový L, alebo vysokoprúdový H).

Displej prístroja:

```
01234567890123456789
0 Constant Resistance
1 Setpoint: 110.0Ω
2 U=33.00V I=0.300A L
3 P=9.900W R=100.8Ω
```

Relevantné SCPI príkazy:

CONSTR:RES 1.234	CONSTR:RES?	Nastavenie/prečítanie hodnoty odporu	
MODE:CONSTR	MODE?	Nastavenie/prečítanie prevádzkového módu	
MEAS:V?	MEAS:I?	MEAS:P?	MEAS:R?

Režim pulzného odporu

V režime pulzného odporu mikrokontrolér prepína medzi dvoma hodnotami odporu. Časové rozlíšenie je 10 ms. Postupným stláčaním tlačidla enkódera sa prejde cez všetky číslice všetkých štyroch parametrov.

Displej prístroja:

```
01234567890123456789
0 Pulsed Resistance
1 R1 3.3Ω R2 1000.0Ω
2 t1 10.00s t2 100.00s
3 3.300V 1.001A 3.303Ω
```

Relevantné SCPI príkazy:

PULSEDR:R1 3.3	PULSEDR:R1?	Nastavenie/prečítanie hodnoty odporu R1	
PULSEDR:R2 1000.0	PULSEDR:R2?	Nastavenie/prečítanie hodnoty odporu R2	
PULSEDR:T1 10.00	PULSEDR:T1?	Nastavenie/prečítanie hodnoty času t1	
PULSEDR:T2 990.00	PULSEDR:T2?	Nastavenie/prečítanie hodnoty času t2	
MODE:PULSEDR	MODE?	Nastavenie/prečítanie prevádzkového módu	
MEAS:V?	MEAS:I?	MEAS:P?	MEAS:R?

Režim konštantného výkonu

Režim konštantného výkonu využíva režim konštantného odporu s dynamicky aktualizovanou hodnotou požadovaného odporu. Mikrokontrolér približne 5x za sekundu meria vstupné napätie, z neho a požadovaného stratového výkonu vypočíta hodnotu ekvivalentného odporu a túto priebežne programuje do záťaže. Regulácia výkonu je čisto softvérová, takže v prevádzke je nutné zohľadniť, že prístroj je schopný reagovať na meniace sa vstupné napätie nie rýchlejšie ako 3-5x za sekundu. Na displeji sa zobrazujú namerané hodnoty vstupného napätia, pretekajúceho prúdu a vypočítané hodnoty stratového výkonu a ekvivalentného zaťažovacieho odporu.

Displej prístroja:

```
01234567890123456789
0 Const Power
1 Setpoint: 100.0W
2 U=25.00V I=4.010A L
3 P=100.2W R=6.2Ω
```

Relevantné SCPI príkazy:

CONSTP:PWR 80.000	CONSTP:PWR?	Nastavenie/prečítanie hodnoty výkonu	
MODE:CONSTP	MODE?	Nastavenie/prečítanie prevádzkového módu	
MEAS:V?	MEAS:I?	MEAS:P?	MEAS:R?

Vybíjanie konštantným prúdom

Využíva funkciu konštantného prúdu. Záťaž je normálne odpojená a vybíjanie sa aktivuje stlačením tlačidla 3. Záťaž sa automaticky odpojí po dosiahnutí minimálneho nastaveného napätia. Na displeji sa zobrazujú namerané hodnoty napätia a prúdu, takisto aj množstvo spotrebovanej energie a čas vybíjania. Počítadlo energie a času sa vynuluje stlačením tlačidla 4.

Displej prístroja, vybíjanie aktívne:

```
01234567890123456789
0 Discharge Const Curr
1 I 1.234A Vmin 10.55V
2 1.234V 1.234A 10.38W
3 110.23Wh 0h10m20s
```

Displej prístroja, vybíjanie neaktívne:

```
01234567890123456789
0 Discharge Const Curr
1 I 1.234A Vmin 10.55V
2 1.234V *** OFF ***
3 110.23Wh 0h10m20s
```

Relevantné SCPI príkazy:

DISCHI:CUR 1.234	DISCHI:CUR?	Nastavenie/prečítanie hodnoty prúdu
------------------	-------------	-------------------------------------

DISCHI:VMIN 10.55	DISCHI:VMIN?	Nastavenie/prečítanie hodnoty minimálneho napätia	
DISCHI:RUN 0 (alebo 1)	DISCHI:RUN?	Spustenie/zastavenie vybíjania	
MODE:DISCHI	MODE?	Nastavenie/prečítanie prevádzkového módu	
MEAS:ENERGY?	MEAS:TIME?	MEAS:DISRUN?	
MEAS:V?	MEAS:I?	MEAS:P?	MEAS:R?

Vybíjanie konštantným výkonom

Využíva funkciu konštantného výkonu. Zátáž je normálne odpojená a vybíjanie sa aktivuje stlačením tlačidla 3. Zátáž sa automaticky odpojí po dosiahnutí minimálneho nastaveného napätia. Na displeji sa zobrazujú namerané hodnoty napätia a prúdu, takisto aj množstvo spotrebovanej energie a čas vybíjania. Počítadlo energie a času sa vynuluje stlačením tlačidla 4.

Displej prístroja, vybíjanie aktívne:

```
01234567890123456789
0 Discharge Const Pwr
1 P=110.2W Vmin 10.55V
2 1.234V/1.234A/10.38W
3 110.23Wh/0h10m20s
```

Displej prístroja, vybíjanie aktívne:

```
0 Discharge Const Pwr
1 P=110.2W Vmin 10.55V
2 1.234V/ *** OFF ***
3 110.23Wh/0h10m20s
```

Relevantné SCPI príkazy:

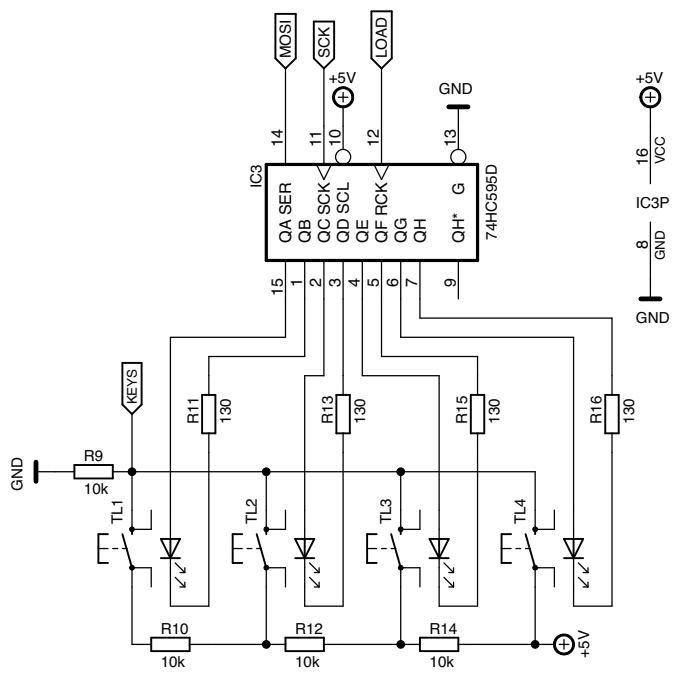
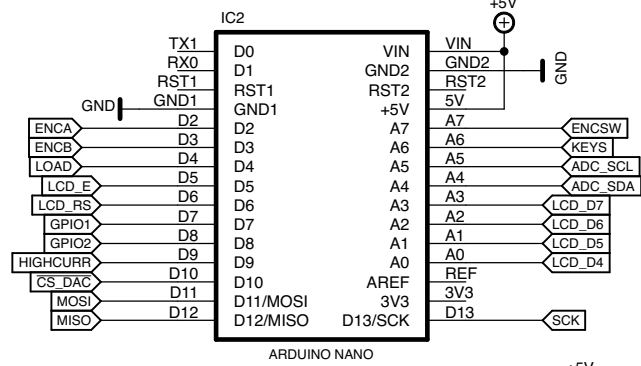
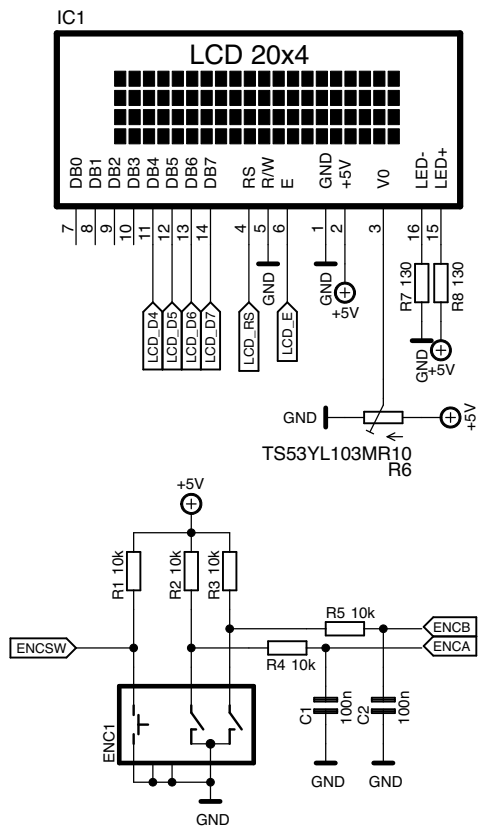
DISCHP:PWR 10.453	DISCHP:PWR?	Nastavenie/prečítanie hodnoty prúdu	
DISCHP:VMIN 10.55	DISCHP:VMIN?	Nastavenie/prečítanie hodnoty minimálneho napätia	
DISCHP:RUN 0 (alebo 1)	DISCHP:RUN?	Spustenie/zastavenie vybíjania	
MODE:DISCHP	MODE?	Nastavenie/prečítanie prevádzkového módu	
MEAS:ENERGY?	MEAS:TIME?	MEAS:DISRUN?	
MEAS:V?	MEAS:I?	MEAS:P?	MEAS:R?

Zdrojový kód software pre mikrokontrolér nájdete na <http://cern.ch/zenit>

Autori:

Ing. Daniel Valúch, PhD., daniel.valuch@cern.ch,

Adam Lassak



- Ovládanie tlačidiel a LED:
- 1) krátky pulz 1-0-1 na vodiči LOAD
 - 2) začať SPI prenos 16 bitov
 - 3) posielané dáta z MOSI prijme IC3 a IC5, použije sa pre LED
 - 4) zároveň sa z IC4 cez MISO prijíma stav tlačidiel
 - 5) stav tlačidiel je v hornom z dvoch prijatých byte-ov

- Podsvietené tlačidlá:
- Zelená - 10
 - Červená - 01
 - Oranžová - striedavo prepínať 10 a 01

