

Přesný elektroměr s impulsním výstupem

Ivo Stražil

Článek popisuje přesný elektroměr třídy přesnosti 0,2 S pro průmyslové použití, vybavený impulsním výstupem s možností rozšíření o komunikační modul pro běžné průmyslové sítě.

Elektroměr v uvedeném provedení pracuje s jmenovitým napětím sítě 230 V a s proudy do 4 A (920 VA).

Technické parametry

Jmenovité napětí:	230 V.
Maximální proud:	4 A.
Jmenovitá frekvence sítě:	50 Hz.
Provozní teplota:	0 až 50 °C, jmen. 25 °C.
Třída přesnosti:	TP 0,2 S.
Výstupní signál:	opticky oddělený impulsní výstup 30 mA/50 V.
Rozměry:	35 x 108 x 123 mm.
Hmotnost:	320 g.

Dnešní elektroměry a wattmetry pro síťová zařízení jsou vyráběny prakticky výhradně jako statické přístroje, které vzorkují hodnoty napětí a proudu zátěží a z výsledků digitálně odvozují činný výkon, odebranou energii a případně další údaje, například účinník nebo jalový výkon.

Princip měření

Činný výkon můžeme určit z efektivní hodnoty napětí a proudu zátěží známým vzorcem takto:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W; V, A, -]} \quad (1),$$

kde φ je fázový posun mezi proudem a napětím.

Odebraná energie je rovna součtinu činného výkonu a času měření t :

$$W = P \cdot t \quad \text{[J; W, s]} \quad (2),$$

Místo měření z efektivních hodnot a fázového posunu můžeme určit činný výkon obecně pro každý (i neharmonický) průběh napětí a proudu

integrálem součinu okamžitých hodnot napětí a proudu v jedné periodě T :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt \quad \text{[W; s, V, A]} \quad (3)$$

Neboť pracujeme se vzorkovanými hodnotami, nahradíme integrál součtem n vzorků signálu:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^n u[j] i[j] \quad \text{[W; -, V, A]} \quad (4)$$

Ze vzorců (2) a (4) nakonec odvodíme výpočet odebrané energie pro čas měření t a vzorkovací periodu T_{vz} , přičemž předpokládáme, že platí $t = n \cdot T_{vz}$:

$$W = t \frac{1}{n} \sum_{j=0}^n u[j] i[j] = T_{vz} \sum_{j=0}^n u[j] i[j] \quad \text{[W; -, V, A]} \quad (5)$$

Ze vzorců je zřejmé, že pro digitální výpočet odebrané energie potřebujeme znát kromě okamžitých napětí a proudů i přesnou hodnotu vzorkovací periody. Současně musíme dodržet vzorkovací teorém i pro nejvyšší uvažované harmonické frekvence a použít převodníky s dostatečným rozlišením, abychom eliminovali kvantizační chyby.

Rozbor chyb

Z literatury, například [2], je známý princip výpočtu chyby nepřímého měření, tedy měření, kdy výslednou



hodnotu získáváme matematicky výpočtem z více přímo měřených hodnot. Pro náš případ - násobení hodnot platí, že relativní chyba výsledku se rovná součtu relativních chyb všech vstupních veličin.

Celková relativní chyba měření tedy bude maximálně (tedy při shodném směru všech odchylek) rovna součtu relativních odchylek měření napětí, proudu a času:

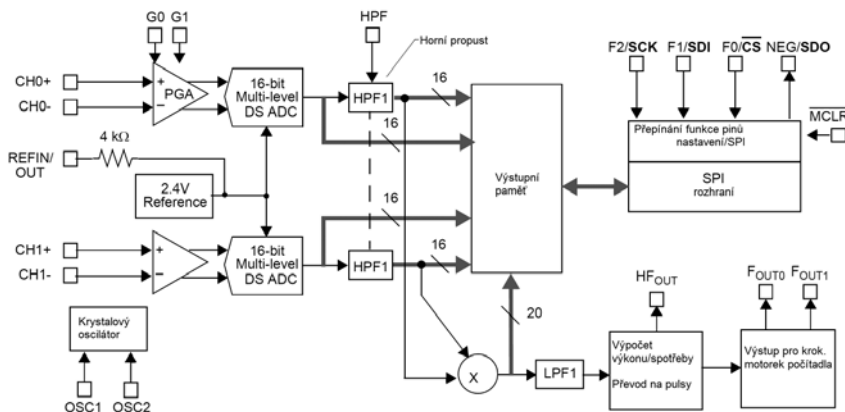
$$\delta = \delta_U + \delta_I + \delta_{T_vz} \quad \text{[%; %, %, %]} \quad (6).$$

Použité obvody

V konstrukci je použito několik méně známých zajímavých integrovaných obvodů, které si nyní stručně popíšeme.

MCP3909 je speciální obvod firmy Microchip pro elektronické elektroměry a wattmetry. Obvod v pouzdru SSOP24 sdružuje analogovou i digitální část elektroměru. Z blokového schématu na obr. 1 je zřejmé, že obvod obsahuje dva šestnáctibitové sigma-delta převodníky A/D pro měření napětí a proudu s programovatelnými zesilovači (PGA), zdroj referenčního napětí 2,4 V, krystalový oscilátor a blok digitálního zpracování dat. Ten nejprve odstraní horními propustmi stejnosměrnou složku (tedy ofsety převodníků, PGA a termoelektrická napětí) z naměřených hodnot a následně vypočítá aktuální výkon. Data je možné přečíst rozhraním SPI, užít impulsní výstupy Fout0 a Fout1 pro připojení elektromagnetického počítadla nebo dále zpracovat výstupní signál z vývodu HFout. Na něm je k dispozici „vysokofrekvenční“ impulsní výstup, jehož frekvence se pohybuje v jednotkách kHz pro plný rozsah výkonu. Vzorkovací frekvence převodníků obvodu je 28 kHz.

LT1019ACS8-2.5 je přesný zdroj referenčního napětí 2,5 V firmy Linear Technology. Teplotní závislost výstupního napětí obvodu je typicky 3 ppm/°C a maximálně 5 ppm/°C



Obr. 1. Blokové schéma obvodu MCP3909 (převzato z [1])

v rozsahu 0 až 70 °C. Obvod se dodává v pouzdří DIL 8 nebo SO 8.

LPC2138 je 32bitový mikrokontrolér s jádrem ARM7TDMI, dodávaný firmou NXP (bývalou součástkovou divizí firmy Philips). Obvod pracuje s napájecím napětím 3,3 V, hodinovo frekvencí do 60 MHz a disponuje 512 kB paměti Flash a 32 kB paměti RAM.

Popis zapojení

Obvody napájení

Elektroměr je napájen z rozvodné sítě 230 V/50 Hz samostatnými svorkami X1-1, X1-2 (viz schéma na obr. 2). Napájecí zdroj je řešen klasicky s transformátorem 3 VA TR1, Graetzovým můstkem B1 a lineárním „low-drop“ stabilizátory IC4 pro napájení digitálních obvodů napětím 3,3 V a IC1 pro napájení obvodu MCP3909 napětím 5 V.

Zem (vodič GND) obvodů elektroměru je spojena pomocí propájené spojky SJ1 se síťovým napětím na svorce X1-3.

Analogové obvody elektroměru

Měřený obvod se připojuje třibodově: vstup proudového okruhu („fáze“ od zdroje) na svorku X1-3, výstup proudového okruhu (tedy „fáze“ ke spotřebiči) na svorku X1-4 a střední vodič sítě na svorku X1-6.

Proudový okruh od svorky X1-3 je po ochraně miniaturní pojistkou F2 veden na výstupní svorku X1-4 přes přesný bočník Welvyn OAR3 (R1). Úbytek napětí na bočníku je měřen kanálem 0 obvodu MCP3909 (IC6). Pro případ vážné poruchy jsou do přívodů od bočníku k IC6 zařazeny pojistky F3 a F4.

Měření napětí umožňuje odporový dělič R2/R3/R4, který převádí napětí sítě na signál s rozkmitem napětí kolem 550 mV, měřený kanálem 1 IC6. Pro úplnost dodáme, že vstupy IC6 jsou plně diferenciální a dovolují připojení vstupních napětí v rozsahu až ±1 V ve vztahu k vývodu AGND IC6.

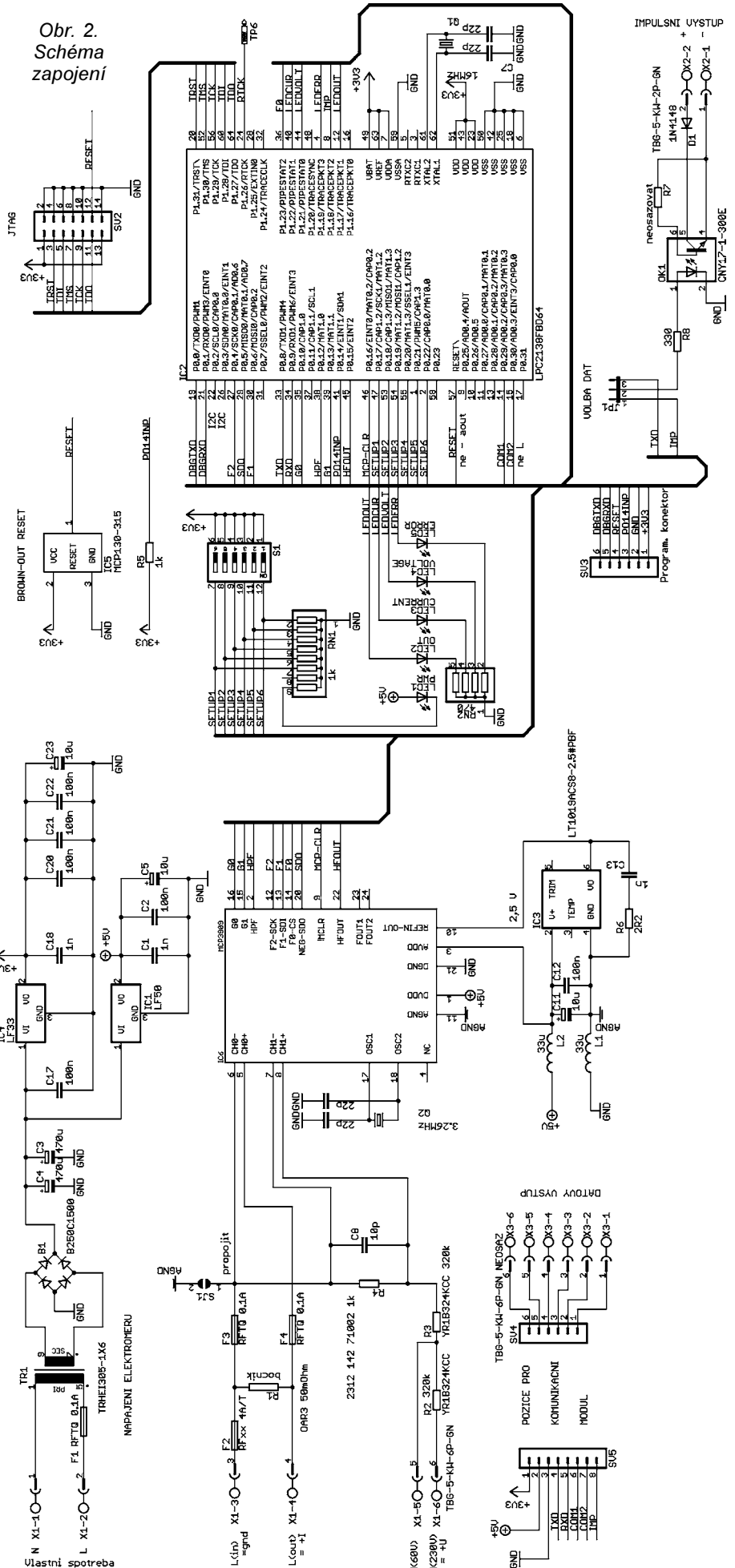
Svorka X1-5 umožňuje měření na sítích o napětí 48 až 60 V bez další specifikace přesnosti.

Analogové obvody přístroje jsou odděleny od digitálních jednoduchým filtrem s tlumivkami L1 a L2.

Obvod MCP3909 umožňuje měření na stejnosměrných sítích s relativně velkou chybou (1 až 5 % podle podmínek), způsobenou termoelektrickými napětími a ofsety převodníků A/D, které se při měření na střídavé síti neuplatní. Tento režim je nutné povolit příslušným spínačem DIP.

IC6 je vybaven vnitřním zdrojem referenčního napětí s poměrně malým koeficientem teplotní závislosti

Obr. 2.
Schéma zapojení



Tab. 1. Limity chyb pro TP

Hodnota proudu	Účinek	Max. relativní chyba
$0,01 I_n \leq I < 0,05 I_n$	1,0	0,4 %
$0,05 I_n \leq I < I_{max}$	1,0	0,2 %
$0,02 I_n \leq I < 0,1 I_n$	0,5 induktivní 0,8 kapacitní	0,5 %
$0,1 I_n \leq I < I_{max}$	0,5 induktivní 0,8 kapacitní	0,3 %
Přidavná chyba pro odchylku teploty o 1 °C od jmenovité hodnoty		0,01 % (reálná zátěž) 0,02 % (komplexní zátěž)

typicky 15 ppm/°C. Tento zdroj však již svou tepelnou závislostí nevyhovuje pro měření v uvedené třídě přesnosti 0,2 S (viz níže) a byl tedy nahrazen vnějším zdrojem referenčního napětí LT1019, u něhož je tento koeficient pětkrát nižší.

Zpracování signálu

V základní verzi firmwaru přístroje, která je dostupná na www.stránkách autora a na www.aradio.cz, je využit vnitřní výpočet činného výkonu obvodem IC6. Mikrokontrolér IC2 zpracovává impulsy z výstupu HFOUT IC6, dělí jejich počet nastavenou kalibrační konstantou, řídí čtyři kontrolní diody LED a impulsní výstup přístroje.

Parametry přístroje je možné nastavit spínači DIP S1, jejichž stav čte mikrokontrolér pomocí vodičů SETUP1 až SETUP6.

Ladění a nahrávání programu do mikrokontroléru IC2 je možné prostřednictvím sériového rozhraní v úrovních TTL na konektoru SV3, které dovoluje kontakt s bootloaderem IC2, nebo pomocí JTAG rozhraní na konektoru SV2.

Integrovaný obvod IC5 zajišťuje spolehlivý reset mikrokontroléru po zapnutí napájecího napětí nebo při jeho poklesu. Vnitřní obvody resetu IC2 jsou velmi jednoduché a ukázalo se, že připojení vnějšího resetovacího obvodu je pro spolehlivý náběh mikrokontroléru ve většině případů nutná.

Tab. 2. Rozbor chyb měření

Celkové chyby měření							
Hodnota proudu	Účinek	Jmenovitá teplota			Jiná než jmenovitá teplota		
		Chyba MCP3909 %, jmen. teplota	Celková chyba %, jmen. teplota	Meze chyby dle normy %, jmen. teplota	Chyba MCP3909 %, 0..+50 °C	Celková chyba %, 0..+50 °C	Meze chyby dle normy %, 0..+50 °C
$0,01 I_n \leq I < 0,05 I_n$	1	0,07	0,21	0,40	0,12	0,26	0,65
$0,05 I_n \leq I < I_{max}$	1	0,04	0,18	0,20	0,08	0,22	0,45
$0,02 I_n \leq I < 0,1 I_n$	0,5 induktivní	0,10	0,24	0,50	0,55	0,69	1,00
$0,1 I_n \leq I < I_{max}$	0,5 induktivní	0,08	0,22	0,30	0,12	0,26	0,80
$I_n = I_{max} = 4 A$							
Zdroje chyb mimo MCP3909							
Komponent	Teplotní koeficient ppm/°C	Koeficient vlivu -	Vlastní ohřev °C	Změna hodnoty %	Změna tep. okdí °C	Změna hodnoty %	
R1 - bočník	20	1,00	50	0,100	25	0,050	
R4 - děl. napětí	15	0,99	10	0,015	25	0,037	
R2, R3 - děl. napětí	10	0,99	10	0,010	25	0,025	
LT1019 - nap. reference	5	2,00	10	0,010	25	0,025	
Xtal - stárnutí	5	1,00	*2	0,001			
Xtal - tepl. závislost	50	1,00	*1	0,005			
			Celkem	0,141			
					započteno již ve výpočtu pro jmen. teplotu		
					Celkem		0,137

teplotní závislost krystalů se udává v ppm jako poměr největší změny rezonanční frekvence způsobené vlivem teploty v celém teplotním rozsahu součástky ku rezonanční frekvenci za jmenovité teploty
*1 započteny 2 roky stárnutí krystalu 5 ppm/rok
*2

Impulsní výstup

Jediným výstupním rozhraním elektroměru je opticky oddělený impulsní výstup, přístupný na svorkovnici X2.

Přepojením propojky JP1 do polohy 2-3 je možné místo impulsů přenášet sériová data, vysílaná mikrokontrolérem: V základní verzi firmwaru jsou vysílána data pro diagnostiku a kalibraci, v rozšířené verzi firmwaru, která je po domluvě dostupná pro nekomerční použití, jsou vysílány mikrokontrolérem vypočítané parametry sítě (činný, zdánlivý a jalový výkon, frekvence, napětí, crest factor atd.).

Na desce je připravena pozice pro komunikační modul RS-232 nebo RS-485, připojený ke svorkovnici X3. Aktuální verze software tuto pozici prozatím nevyužívá.

Rozbor chyb měření

V tab. 1 jsou uvedeny maximální relativní chyby měření pro statické elektroměry třídy přesnosti 0,2 S, jak jsou uvedeny v normě ČSN EN 62053-22. Požadavky normy jsou dále poněkud uvolněny pro prostředí s rušením, větší odchylky frekvence sítě od jmenovité a mnoho dalších rušivých vlivů.

Firma Microchip, výrobce obvodu IO MCP3909, udává v katalogovém listu celkovou chybu měření, způsobenou tímto IO (tedy chybou převodníků A/D, předzesilovačů a nepřesností výpočtů), ve formě sady grafů. K této hodnotě relativní chyby přičte-

me na základě vzorce (6) relativní chyby, způsobené vnějšími prvky: chybu děliče měření napětí, bočníku měření proudu a chybu měření času krystalovým oscilátorem.

Nejprve vyčíslíme chybu měření proudu bočníkem: vzhledem k tomu, že výrobní nepřesnost bočníku odstraníme jednorázovou kalibrací ve výrobě, je zde jediným podstatným zdrojem chyby teplotní závislost odporu bočníku na teplotě, kdy musíme uvažovat jak změnu teploty okolí přístroje, tak vlastní ohřev bočníku.

Výrobce použitého bočníku R1 udává teplotní koeficient 20 ppm/K. Při plném zatížení R1 byl v uzavřené krabici elektroměru naměřen nárůst jeho teploty o 39 °C, budeme tedy uvažovat s chybou způsobenou vlastním ohřevem maximálně o 50 °C, tedy o 1000 ppm (0,1 %, viz tab. 2). Specifikovaný rozsah provozních teplot přístroje je 0 až 50 °C, můžeme tedy uvažovat s odchylkou maximálně 25 °C od jmenovité teploty.

Další zdroje chyb vypočteme obdobně: u krystalového oscilátoru uvažujeme s jeho teplotní závislostí i stárnutím, u děliče měření napětí uvažujeme teplotní závislosti rezistorů a chybu snižujeme o koeficient udávající relativní vliv změny hodnoty součástky na příslušnou hodnotu. Podrobnosti o tomto postupu jsou uvedeny například ve skriptu [2].

Dále byla do výpočtu zahrnuta teplotní závislost zdroje referenčního napětí LT1019 s koeficientem vlivu rovným dvěma, protože chyba referenčního napětí ovlivňuje současně měření napětí i proudu.

Shrnutí výsledků výpočtu je uvedeno v tab. 2.

Mechanická konstrukce

Přístroj je vestavěn do typizované krabice Railbox 35 mm v provedení na lištu DIN, kterou v ČR prodává například firma Enika Nová Paka.

Oboustranná deska s plošnými spoji s prokovenými dírami (na obr. 3 až 6) je rozměrově uzpůsoben tomu-

to typu pouzdra. DPS je vyrobena s tloušťkou mědi 75 μm; izolační mezery síťových obvodů splňují požadavek normy na minimální délku povrchové cesty 3,2 mm mezi různými potenciály.

Násuvné svorkovnice jsou osazeny z bočních stran krabičky a využívají připravených otvorů. Krycí panel krabičky má vyříznut otvor pro přístup k spínačům DIP S1 a vyvrtány otvory pro indikační diody LED.

Ovládání přístroje

Spínači S1 můžeme nastavovat parametry přístroje podle tab. 3, v tabulce 4 je uveden význam indikačních diod LED.

Spínač č. 6 zapíná zesilovač PGA v IC6 a umožňuje poněkud přesnější měření velmi malých proudů v rozmezí 10 až 300 mA. Pro vyšší proudy již není zlepšení přesnosti zřejmé.

Tab. 4. Význam indikačních LED

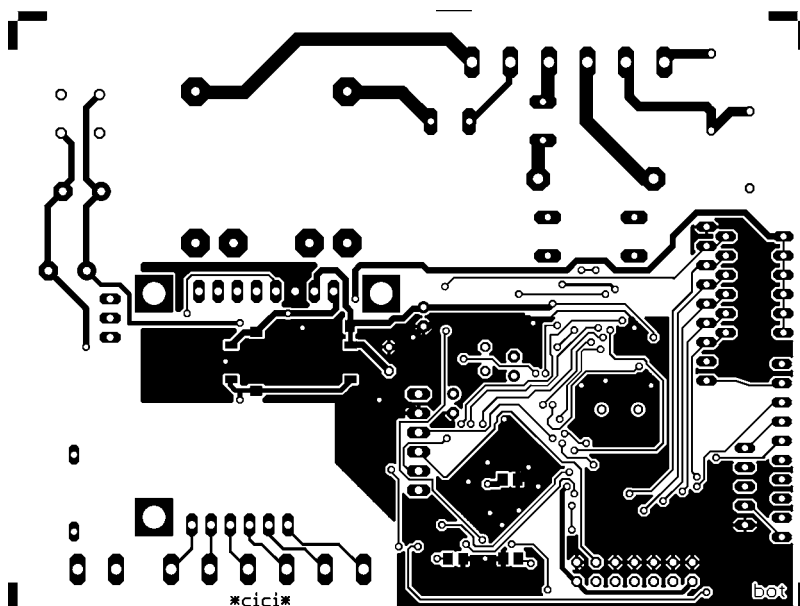
PWR - napájení přístroje je zapojeno.
OUT - blikáním indikuje činnost impulsního výstupu.
REV - svícením indikuje průchod zpětného proudu (činný výkon je přenášen do zdroje).
OPN - svítí, je-li zátěž odpojena nebo je nepatrná (nižší než asi 5 % rozsahu přístroje).
LD - svítí při připojené zátěži nad asi 2 % rozsahu přístroje.

Zapojení výstupu elektroměru

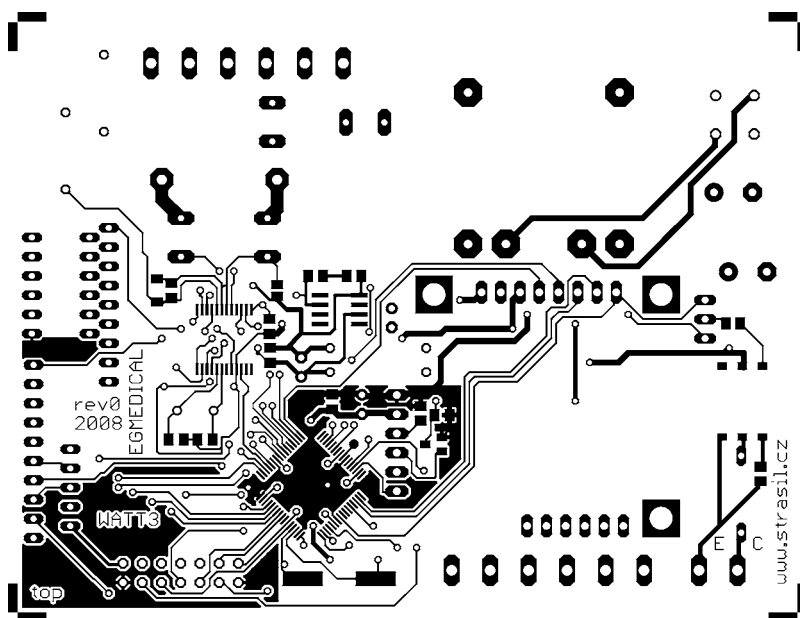
Impulsní výstup elektroměru je určen primárně pro připojení k zařízení automatizační a měřicí techniky - například ke vstupu měřicí ústředny nebo ke vstupu PLC automatu. Oblíbenou aplikací elektroměru je měření výstupního výkonu malé solární elektrárny zpracované malým PLC automatem, který v závislosti na výkonu elektrárny připojuje zátěž tak, aby byl výstupní výkon elektrárny trvale využit.

Tab. 3. Význam spínačů S1

Spínač číslo	Poloha „ON“	Poloha „OFF“
1,2 Převodní konstanta impulsního výstupu	Spínač 1 OFFOFF	2 Měřítka 100 imp/Wh 50 imp/Wh 10 imp/Wh 10 imp/kWh
3 DC měření	Povoleno měření stejnosměrných proudů a napětí. Přesnost je snížena.	Zakázáno měření stejnosměrných proudů a napětí. Přístroj pracuje s plnou přesností.
4 Měřit vč. zpětného proudu	Zpětný proud je indikován LED na panelu, výstup je po dobu průchodu zpětného proudu aktivní.	Zpětný proud je indikován LED na panelu, výstup je po dobu průchodu zpětného proudu blokováno.
5 Napětí rozsah 60 V	Je zvolen napětí rozsah 60 V.	Je zvolen napětí rozsah 230 V.
6 Proudový rozsah 1,7 A	Je zvolen proudový rozsah 1,7 A (přesnosti neuvedeny).	Je zvolen proudový rozsah 4 A (TP 0,2 S).



Obr. 3. DPS elektroměru - strana spojů



Obr. 4. DPS elektroměru – strana součástek

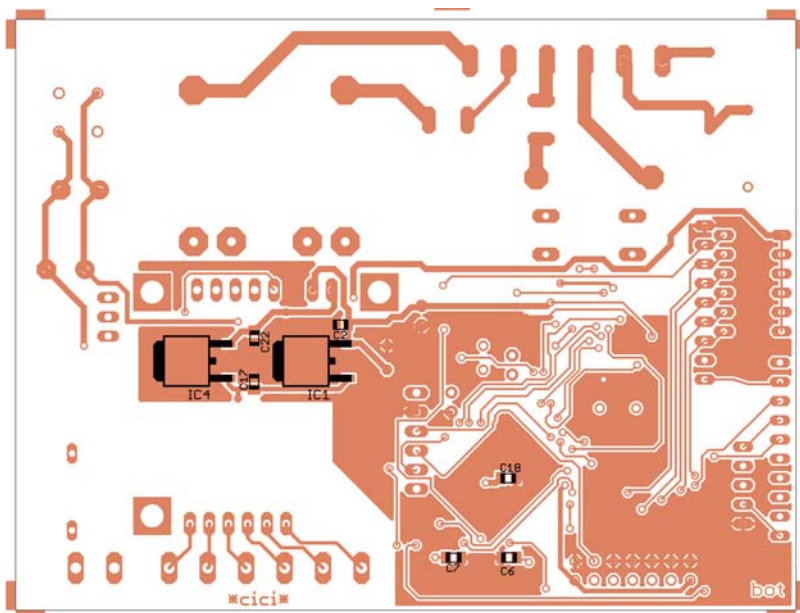
Pro jednodušší aplikace je možné k impulsnímu výstupu, nastavenému na převod 10 impulsů/kWh, připojit běžné elektronické či elektro-

mechanické počítadlo a provozovat zařízení jako samostatný přesný elektroměr.

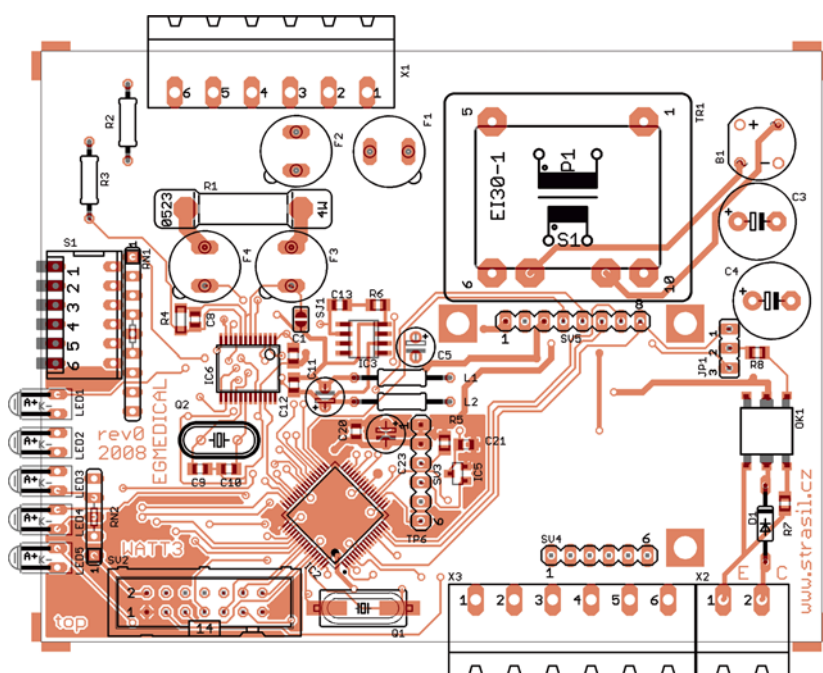
Osazení, oživení a kalibrace

Vlastní osazení desky s plošnými spoji nemá žádné záludnosti, pouze je vhodné v pozici bočnicku R1 odvrtnat „prokovy“ desky a bočnick zapájet z obou stran DPS, čímž získáme fakticky Kelvinovo připojení odporu bočnicku a zamezíme tak sice minimálním, ale existujícím chybám vznikajícím na odporu připojení R1.

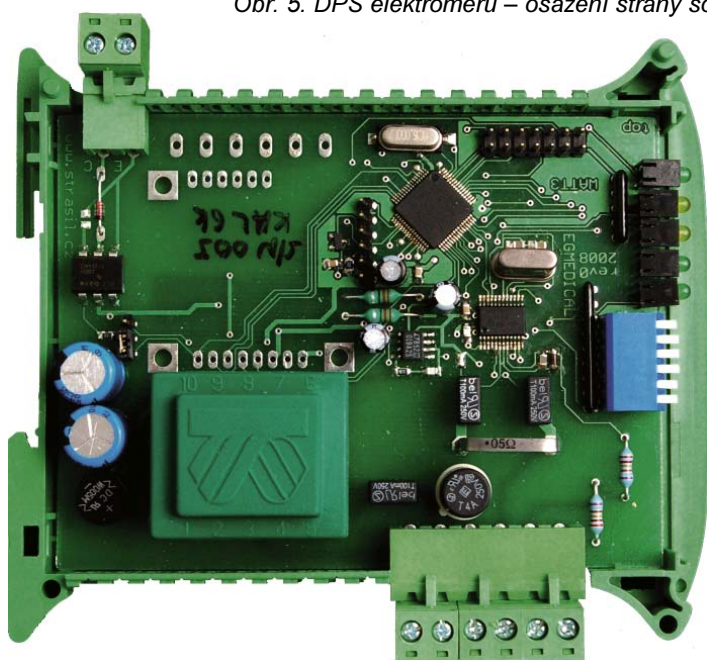
Zapojení by mělo pracovat při pečlivé práci na první zapojení. Po připojení k síti (doporučuji použít oddělovací transformátor) nahrajeme programátorem firmware do mikrokontroléru. Nyní by již měl přístroj



Obr. 4. DPS elektroměru - osazení strany spojů



Obr. 5. DPS elektroměru – osazení strany součástek



Obr. 5. Fotografie osazené desky



Obr. 6. Detailní fotografie bočnicku

pracovat normálně, pouze se sníženou přesností.

Pro dosažení plné přesnosti je bezpodmínečně nutné přístroj zkalibrovat. Můžeme uskutečnit buď jednobodovou kalibraci a dostavit elektroměr změnou hodnoty jednoho z rezistorů děliče měření napětí, nebo můžeme připojit přístroj přes galvanicky oddělený převodník TTL RS-232 k sériovému portu počítače a kalibrovat softwarově (postup kalibrace viz www stránky autora).

POZOR! Přístroj je samozřejmě galvanicky spojen s rozvodnou sítí, proto hrozí vážné nebezpečí úrazu! Po zhotovení přístroje doporučuji alespoň ověřit izolační stavy optického výstupu a napájecího zdroje přístroje.

Seznam součástek

- R1 0,05 Ω , 1 %, Welwyn OAR3
- R2, R3 320 k Ω , 0,1 %, Phoenix Passive YR1B324KCC
- R4 1 k Ω , 0,1 %, Vishay 2312 142 71002 MELF 204
- R5, R7 1 k Ω , SMD 0805
- R8 330 Ω , SMD 0805
- RN1 8x 1 k Ω , 9 pin
- RN2 4x 470 Ω , 5 pin
- C1, C13, C18 1 nF, NPO, SMD 0805
- C2, C12, C17, C20 až C22 100 nF, X7R, SMD 0805
- C3, C4 470 μ F/25 V, 105 $^{\circ}$ C
- C5, C11, C23 10 μ F/25 V, 105 $^{\circ}$ C
- C6, C7, C9, C10 22 pF, NPO, SMD 0805
- C8 10 pF, NPO, SMD 0805
- B1 B250C1500
- D1 1N4148
- IC1 LF50
- IC2 LPC2138FBD64
- IC3 LT1019ACS8-2.5#PBF
- IC4 LF33
- IC5 MCP130-315
- IC6 MCP3909
- LED1 až LED5 L-943, úhlová, 3 mm
- OK1 CNY17-1-300E
- Q1 16 MHz
- Q2 3,26 MHz
- L1, L2 axiální 33 μ H
- F1, F3, F4 RFTQ 0,1 A
- F2 4 A zpožděná, 5 mm
- JP1 lišta 3 pin + 1x jumper

Vypínač na DIN lištu

Jan Zima

Tento jednoduchý modul je navržen pro uchycení na lištu DIN pro použití v rozvaděči a slouží k ručnímu zapínání/vypínání spotřebiče (např. cívky stykače apod.).

Jeho schéma je na obr. 1, DPS na obr. 2, rozmístění součástek na DPS na obr. 3 a hotový výrobek před uzavřením na obr. 4.

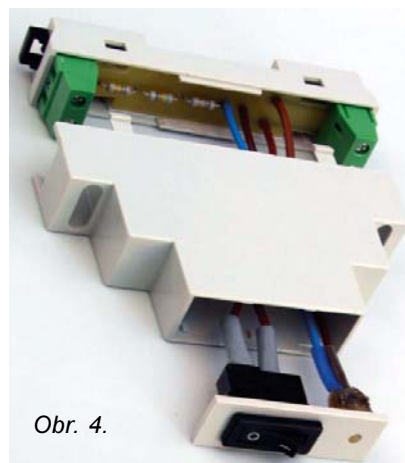
Zapnutý stav je signalizován zelenou doutnavkou, která byla použita z důvodu zanedbatelného odběru (0,25 mA) z napájecího napětí, protože signalizace s LED by byla z hlediska účinnosti velmi nevýhodná. Zelená doutnavka uvedeného typu má při doutnavém výboji úbytek 85 V pro střídavé napětí.

Pokud použijeme jinou doutnavku, je třeba zkontrolovat výrobcem uváděný úbytek napětí a případně odpor rezistorů přepočítat. Výrobce sice uvádí dobu života doutnavky 20 000 hodin, ale pokud by byl použit pouze jeden sériový rezistor, pak většinou doutnavka přestane svítit po několika tisících hodinách. Ve většině případů je závada v přerušeném předřadném rezistoru, který na první pohled vyhovuje jak z hlediska napěťového, tak i výkonového zatížení, ale je namáhán impulsním proudem při zapálení doutnavky. Proto se po čase přeruší. Doutnavkové moduly např. do vypínačů jsou výrobci osazeny z „úsporných“ důvodů pouze jedním sériovým rezistorem a spotřebitel je tak po čase (podstatně kratším než je životnost doutnavky) nucen vadný modul zahodit a koupit si jiný. Více rezistorů (R1 až R3) v sérii je tedy použito pro vel-

mi dlouhou a bezproblémovou funkcí signifikace. Napájecí napětí se připojuje na svorky LIN, spotřebič na LOUT (KON2) a nulový vodič pro svit doutnavky na KON1.

Stavba je velmi jednoduchá a bezproblémová i pro začátečníky. Nejprve upravíme svorkovnice MVG2 odříznutím bočních výlisků, které jsou nutné při spojování svorkovnic do řady (s výlisky by se nevešly do krabičky) a DPS osadíme KON1, KON2 i rezistory R1 až R3. Do čelního panelu krabičky vyřízneme obdélníkový otvor pro vypínač, pro doutnavku vrtáme otvor o průměru 3 mm a okolo něj vytvoříme několik hlubokých vrypů špičkou ostrého nože (ze strany kontaktů vypínače). Vsuneme i zacvakneme vypínač a připájíme k jeho přívodním kontaktům i k vývodům doutnavky izolované vodiče vhodné délky. Pro připojení doutnavky postačí průřez 0,5 mm², pro vypínač 1 mm² a pájené spoje opatříme izolačními bužirkami.

Na plochu zdrsněnou vrypů nože nanese se tavnou pistolí hmota ve vrstvě 1 až 2 mm (okolo otvoru pro doutnavku i přes něj), doutnavku vtlačíme do roztavené hmoty, ze které se část vytlačí otvorem na druhou stranu a vše spolu přidržíme do zchladnutí. Pokud byla roztavená hmota nanesena v rozumné vrstvě, část hmoty



Obr. 4.

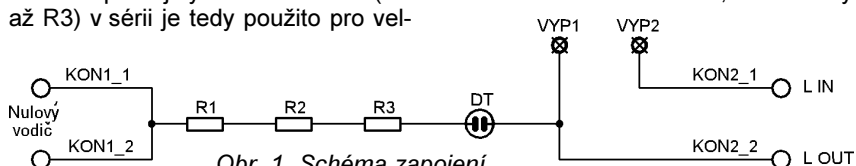
se otvorem protlačila na druhou stranu a vytvořila miniaturní čočku s hladkým povrchem (na první pohled vypadá jako LED). Doutnavku i její vývody upevníme další vrstvou tavné hmoty.

Čelní panel s vypínačem, doutnavkou i přívodními vodiči zacvakneme do těla horní části krabičky, připájíme vodiče do DPS a vše vyzkoušíme v provozu. Pozor pokud nepoužijeme oddělovací transformátor, zařízení je galvanicky spojeno se sítí!

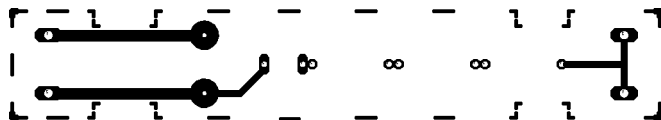
Pokud je vypínač funkční a doutnavka také svítí, pak DPS upevníme do dolní části krabičky opět tavnou pistolí. Tavnou hmotou nyní nešetříme, aby se DPS neuvolnila při montáži drátových vodičů v rozvaděči a krabičku i DPS navzájem přitiskneme až do vychladnutí hmoty. Pak zbývá jen horní i dolní poloviny krabičky zacvaknout do sebe a modul je hotový.

Seznam součástek

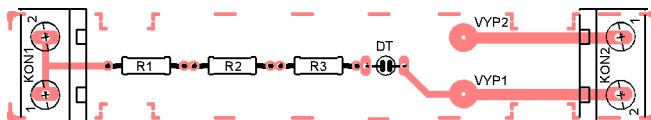
R1, R2, R3 180 kΩ
DT R782B (zelená)
KON1, KON2 MVG 2 (RM 7,5 mm)
Vypínač P-T8800VA/AAB01 (1x 10 A /250 V AC)
Krabička KPDI6 (široká 1 DIN modul)



Obr. 1. Schéma zapojení



Obr. 2. Deska s plošnými spoji



Obr. 3. Rozmístění součástek

S1 „piáno“ DIP switch šestinásobný
SV2 MLW14
SV3, SV4, SV5 pinové lišty (celkem 20 pinů)
TR1 transformátor EI30, 1x 6 V, 2 W
X 1, X 3 násuvná svorkovnice 6 pinů, 5 mm
X 2 násuvná svorkovnice 2 piny, 5 mm

Závěr

Popisované zařízení umožňuje přesné měření činného výkonu nebo

odebrané energie v rozsahu až do 920 W. Přístroj splňuje požadavky třídy přesnosti TP 0,2 S podle normy ČSN EN 62053-22.

Pouhou změnou softwaru přístroje je možné doplnit další funkce, například harmonickou analýzu napětí a proudu v síti.

Pokud máte jakékoliv náměty, dotazy nebo připomínky, kontaktujte mě prosím na e-mailu: ivo@strasil.net

Podklady pro výrobu DPS, základní firmware a případné doplňu-

ující informace jsou dostupné na mém webu www.strasil.cz.

Literatura

[1] Microchip. Katalogový list MCP3909. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22025b.pdf>

[2] Bejček, L.; Čejka, M.; Rez, J.; Geschaidtová, E.; Steinbauer, M.: Měření v elektrotechnice. VUT-FEKT, 2002, 242 s., ISBN: AMT005.