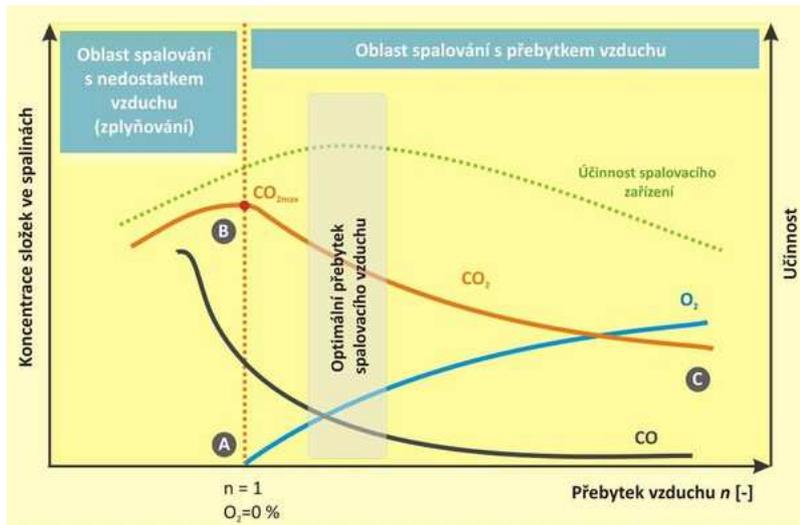


Regulátor přívodu vzduchu pro kamna a krbové vložky

Regulátor přívodu vzduchu je elektrické zařízení, které se skládá z centrální jednotky s ovládacím a zobrazovacím panelem, jehož prostřednictvím jsme informováni o stavu hoření a přes který můžeme provádět různá nastavení. Dále regulace obsahuje teplotní čidlo, čidlo otevření dvířek a klapku přívodu vzduchu ovládanou modelářským servem.

Nejprve trocha teorie o spalování

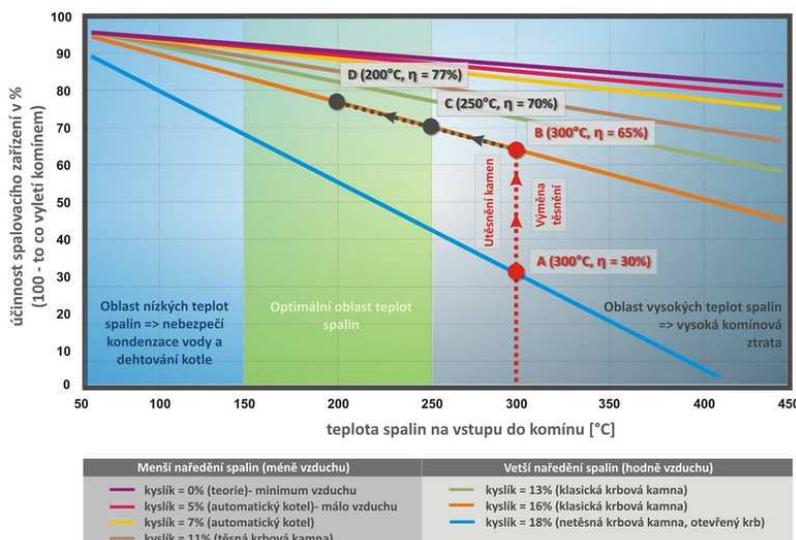
Aby nám hořlavina hořela, potřebuje kyslík. Spalovací rovnice udává minimální množství kyslíku, kterého je potřeba, aby veškeré palivo shořelo. Ve skutečnosti je však potřeba kyslíku více. 1,5 až 2 krát více pro automatické kotle a 2 až 4 krát více pro kotle a kamna s ručním přidáváním. Každé zařízení má svůj optimální přebytek spalovacího vzduchu pro optimální hoření.



Obr.: Vliv přebytku spalovacího vzduchu na účinnost a kvalitu spalování [1].

Křivka označená jako „O₂“ ukazuje průběh koncentrace kyslíku v závislosti na přebytku spalovacího vzduchu. Bod „A“ optimální hoření, při kterém se spálí veškeré množství kyslíku a veškerý uhlík shoří na CO₂ bod „B“. Vyšší účinnosti dostaneme s určitým přebytkem kyslíku, kdy roste i množství spalin (teplu vypuštěné komínem). Kompromisem je „Optimální přebytek spalovacího vzduchu“. Za zmínku stojí souběžné používání s digestoří pro odsávání vzduchu nad plotnou. V případě, že jsou umístěné v jedné místnosti s ohništěm, mohlo by dojít k zpětnému tahu a snížení hoření. V těchto případech je potřeba dodatečný nebo externí přívod vzduchu k ohništi.

Na následujícím obrázku vidíme účinnosti spalovacího zařízení na teplotě spalin a těsnosti spalovacího zařízení. Například účinnost otevřeného krbu se pohybuje kolem 10 %, což znamená, že abychom se stejně zahřály, jako u krbové vložky s účinnosti 70 % musíme v něm spálit sedmkrát tolik paliva.



Obr.: Orientační závislost účinnosti spalovacího zařízení na teplotě spalin a těsnosti spalovacího zařízení [1].

Optimální teplota spalin se podle tohoto obrázku pohybuje v rozsahu 150 až 250°C, při této teplotě nedochází ke kondenzaci vody a dehtování kotle ani ke ztrátám, kdy nám teplo vylítne komínem. Je proto potřeba udržovat teplotu spalin v tomto rozsahu. Pokud regulujeme přívod kyslíku tak, že udržujeme teplotu spalin na nižší hodnotě, zvyšujeme sice účinnost kamen, ale výkon kotle nám klesá. Naopak při regulaci na vyšší teplotu se sice účinnost snižuje, ale výkon se i za cenu ztráty tepla vypuštěného komínem zvyšuje. Kompromisem mezi výkonem a účinností kotle je střed teplotního rozsahu.

Popis funkce regulátoru

Zvolil jsem tříúrovňový automatický způsob regulace přívodu vzduchu. Regulace klapky přívodu vzduchu probíhá plně automaticky. Lze nastavit, zda má být klapka otevřena, uzavřena nebo automaticky regulována.

První úroveň je „Ukončené hoření“. Stav, kdy kamna nejsou používána. Klapka vzduchu je uzavřena, aby se vzduch nasávaný z externího přívodu nedostával do kamen. Druhý stav je „Počáteční hoření“. Klapka vzduchu je maximálně otevřena. Dochází k maximálnímu přívodu vzduchu, aby se kamna rychle rozhořela. Třetí stav je „Provozní hoření“. Klapka přívodu vzduchu reguluje množství přiváděného vzduchu podle nastavené teploty spalin.

U regulátoru lze nastavit tyto parametry.

Nastavení teploty spalin na vstupu do komína (režim „Provozní hoření“):	130 až 330°C.
Maximální teplota spalin při vypnuté regulaci (manuální režim):	350 až 850°C.
Regulace počáteční teploty hoření (režim „Počáteční hoření“):	300 až 800°C.
Délka počátečního hoření:	5 až 30 minut.
Rychlost otevření klapky přívodu vzduchu z 0 na 100%:	10 až 120 sekund.
Rychlost uzavření klapky přívodu vzduchu ze 100 na 0%:	10 až 120 sekund.
Uzavření klapky přívodu vzduchu při poklesu teploty (režim „Ukončené hoření“) pod:	30 až 100°C.

Rozdělení ohně v kamnech a regulace klapky přívodu vzduchu probíhá tímto způsobem:

Regulátor je v režimu „Ukončené hoření“. Klapka je uzavřena. Otevřeme dvířka kamen a rozděláme oheň. Hořením v kamnech se zvedne teplota spalin nad hodnotu teploty režimu „Ukončené hoření“ (nastavitelná v rozsahu 30 až 100°C). Regulátor se přepne do režimu „Počáteční hoření“. Klapka přívodu vzduchu se otevře a začne se odpočítávat čas „Počáteční hoření“ (nastavitelný v rozsahu 5 až 30 minut). Po uplynutí času režimu „Počáteční hoření“ se regulátor přepne do režimu „Provozní hoření“. Otevření klapky přívodu vzduchu se reguluje podle teploty spalin (nastavitelná v rozsahu 130 až 330°C). Pokud teplota spalin klesá pomalu (vznikne teplotní překmit*) pod úroveň režimu „Ukončené hoření“ regulátor se přepne do režimu „Počáteční hoření“, čímž se otevře klapka přívodu vzduchu. Pokud je teplota i po odpočtení času počátečního hoření pod nastavenou teplotou, uzavře se klapka přívodu vzduchu a nastaví se režim „Ukončené hoření“. Pokud však teplota klesá rychle (nevznikne teplotní překmit*) pod úroveň režimu „Ukončené hoření“ regulátor se přepne do režimu „Ukončení hoření“ a klapka přívodu vzduchu se uzavře. V manuálním režimu neprobíhá regulace teploty. Teplota je omezena nastavenou velikostí 350 až 850°C. Po dosažení této teploty, se manuální režim vypne. Dále je teplota regulována automaticky. Omezení maximální teploty slouží k tomu, aby nedošlo nadměrným spalováním a vysokou teplotou k poškození části kamen, komínu a snímače teploty. U regulátoru lze nastavit čas rychlosti uzavření a otevření klapky přívodu vzduchu (v rozsahu 10 až 120 sekund). Tedy jak dlouho má trvat, než se klapka přívodu vzduchu ze zavřené polohy dostane do plně otevřené a naopak.

stC	odpor PT 100	napětí AN0 a AN1 (V)	referenční napětí
0	100,00	0,147058824	0,147
50	119,40	0,174592034	
100	138,51	0,201409913	
150	157,33	0,227531072	
200	175,86	0,252973365	
250	194,10	0,277753928	
300	212,05	0,30188921	
350	229,72	0,325408248	
400	247,09	0,348299592	
450	264,18	0,370604178	
500	280,98	0,392322772	
550	294,49	0,409640867	
600	313,71	0,434055306	
650	329,64	0,454094621	
700	345,28	0,473598736	
750	360,64	0,492591459	
800	375,70	0,511059118	
850	390,48	0,529036873	
900	412,89	0,556020109	
950	429,82	0,576189025	
1000	446,74	0,596175696	
1024	454,87	0,605705288	0,606

Programově není ošetřeno zobrazení vyšší teploty než 999 stC. Například 1009 stC je zobrazeno jako 9 stC.

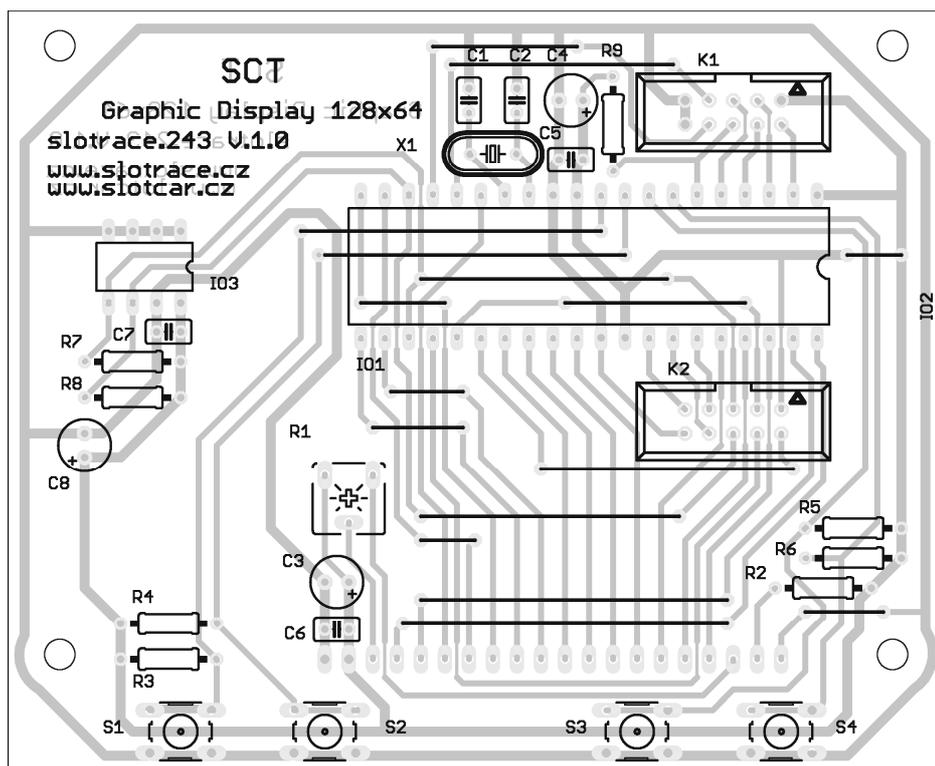
Pro konstrukci jsem použil modelářské servo (ze „šuplíkové“ zásoby) typ MG995. Šířka impulsu se pohybuje v rozmezí 770 až 2,310 ms. Perioda je však delší a je 104,85 ms. Servo se připojuje ke konektoru K2.

Spínač krbových dvířek se připojuje ke konektoru K4. Pokud jsou dvířka zavřená, musí být spínač rozpojený.

Teplotní čidlo PT100 se připojuje ke konektoru K5. Pokud máme třívodičové čidlo, tak se samostatný vodič (má jinou barvu než ty druhé dva) připojuje ke K5-3. Zbývající vodiče ke K5-1 a K5-2. Je jedno, který vodič kam zapojíte. Pokud máme dvouvodičové čidlo, tak K5-1 a K5-2 spojíme.

Osazení tištěných spojů a mechanická sestava

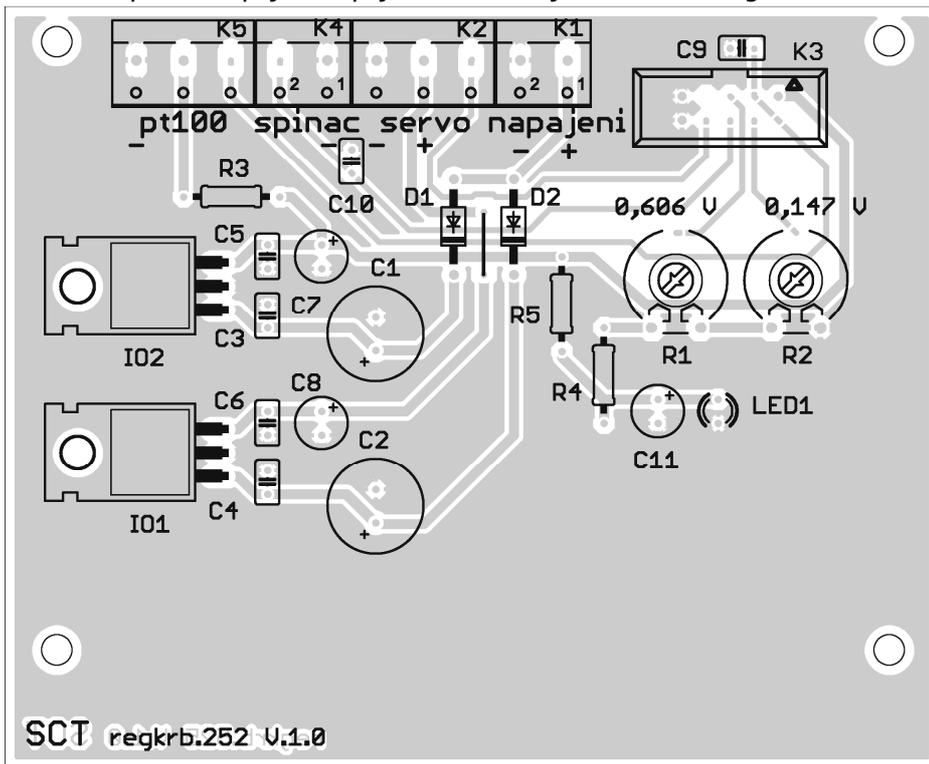
Osazovací plánec zapojení s LCD displejem je na obrázku slotrace.os.tif.



Obr.: slotrace.os.tif

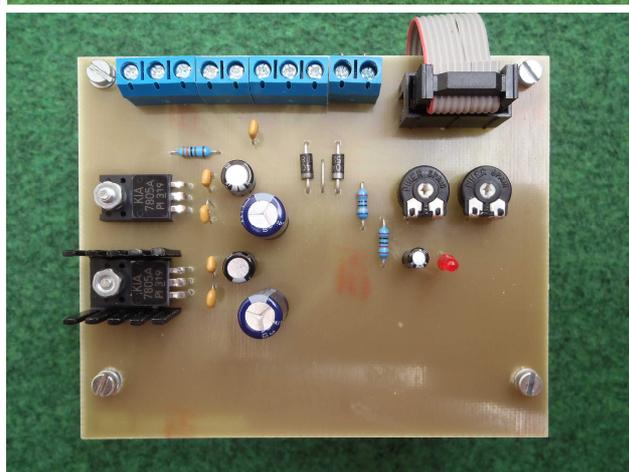
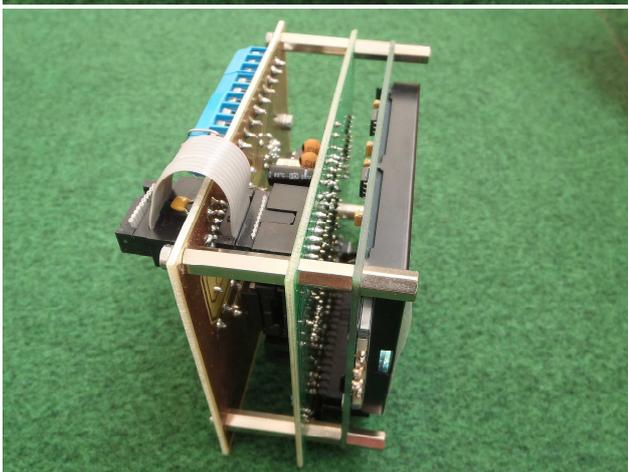
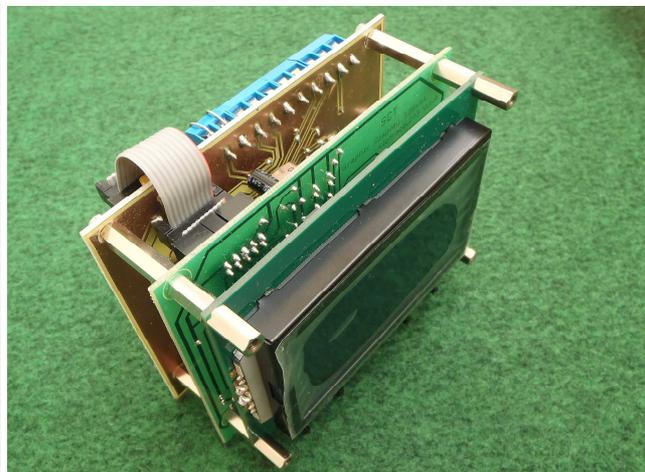
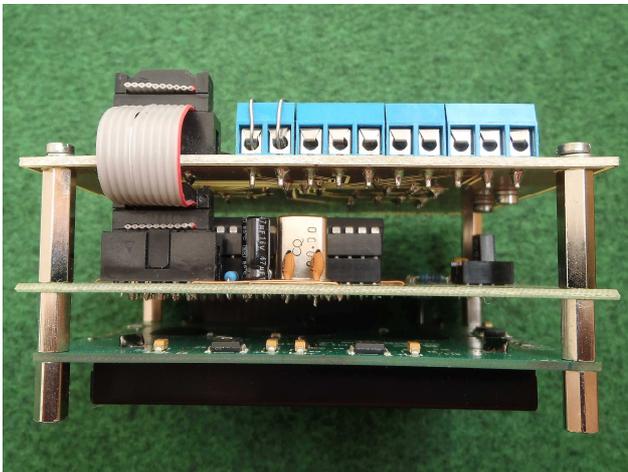
Tlačítka S1 až S4 a konektor pro připojení LCD displeje zaletujeme ze strany tištěného spoje. Pod mikrokontrolér IO1 zaletujeme objímku.

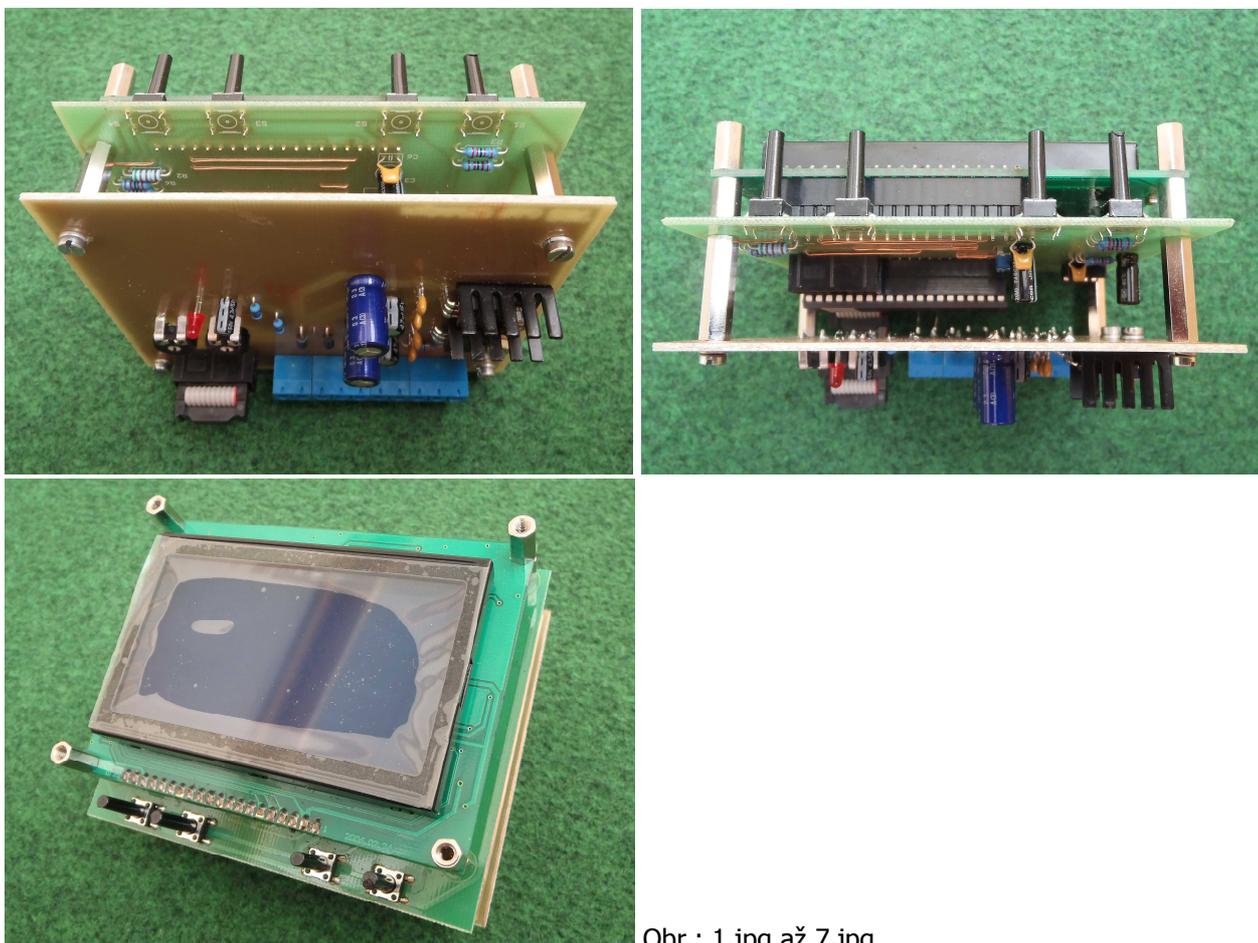
Osazovací plánec zapojení napájecích obvodů je na obrázku regkrb.os.tif.



Obr.: regkrb.os.tif

Pokud budeme používat servo s velkým proudovým odběrem, bude lepší dát pod stabilizátor IO1 chladič. Obě desky jsou propojeny plochým kablíčkem. Celá mechanická sestava je vidět na obrázcích 1.jpg až 7.jpg.



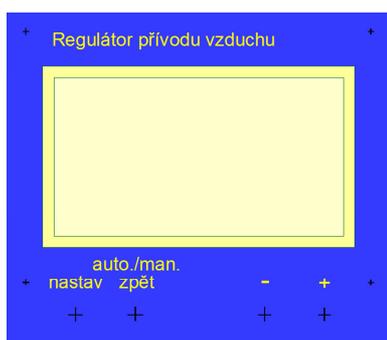


Obr.: 1.jpg až 7.jpg

Mechanická sestava

Přemýšlel jsem, kam dát regulátor, aby příliš „nestrašil“ a přitom byl po ruce a na oku v blízkosti krbu. Nakonec jsem regulátor namontoval do bočních technologických dvířek ve spodní části krbu.

Před displej jsem umístil plexisklo, v otvoru vyříznul otvor pro displej připevňovací šrouby a tlačítka. Otvor displeje jsem přelepil samolepkou vytištěnou na barevné tiskárně (viz obr. Stitek.tif). (Výška štítku 86 mm.)

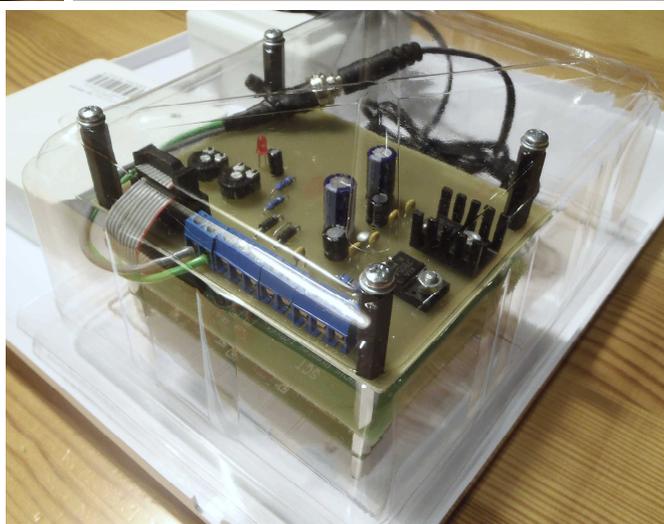
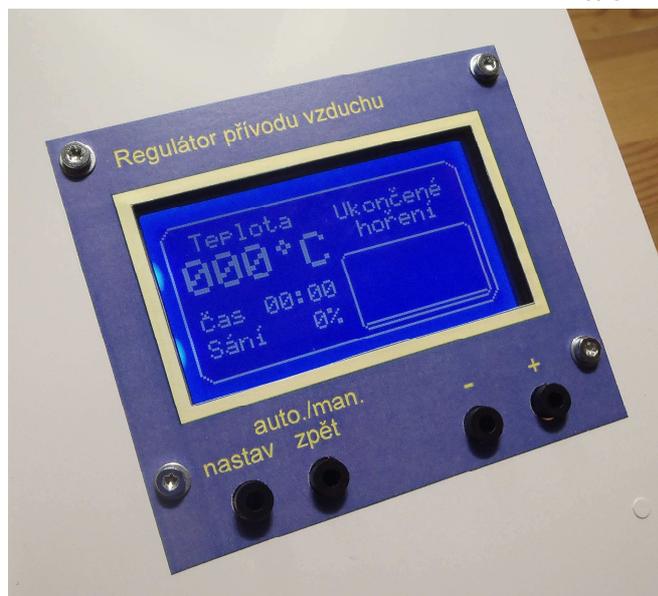


Obr.: stitek.tif

Vedle regulátoru jsem umístil velkoplošný vypínač napájení a z druhé strany dvířek umístil zásuvku pro napájecí adaptér. Tlačítka jsem prodloužil distančními sloupky, do kterých jsem vyvrtal otvor a vyříznul závit pro šroub M3 (viz obr. 16.jpg a obr. 17.jpg). Regulátor jsem zakryl blistrem. Vše je dobře vidět na obrázcích 18.jpg až 21.jpg.



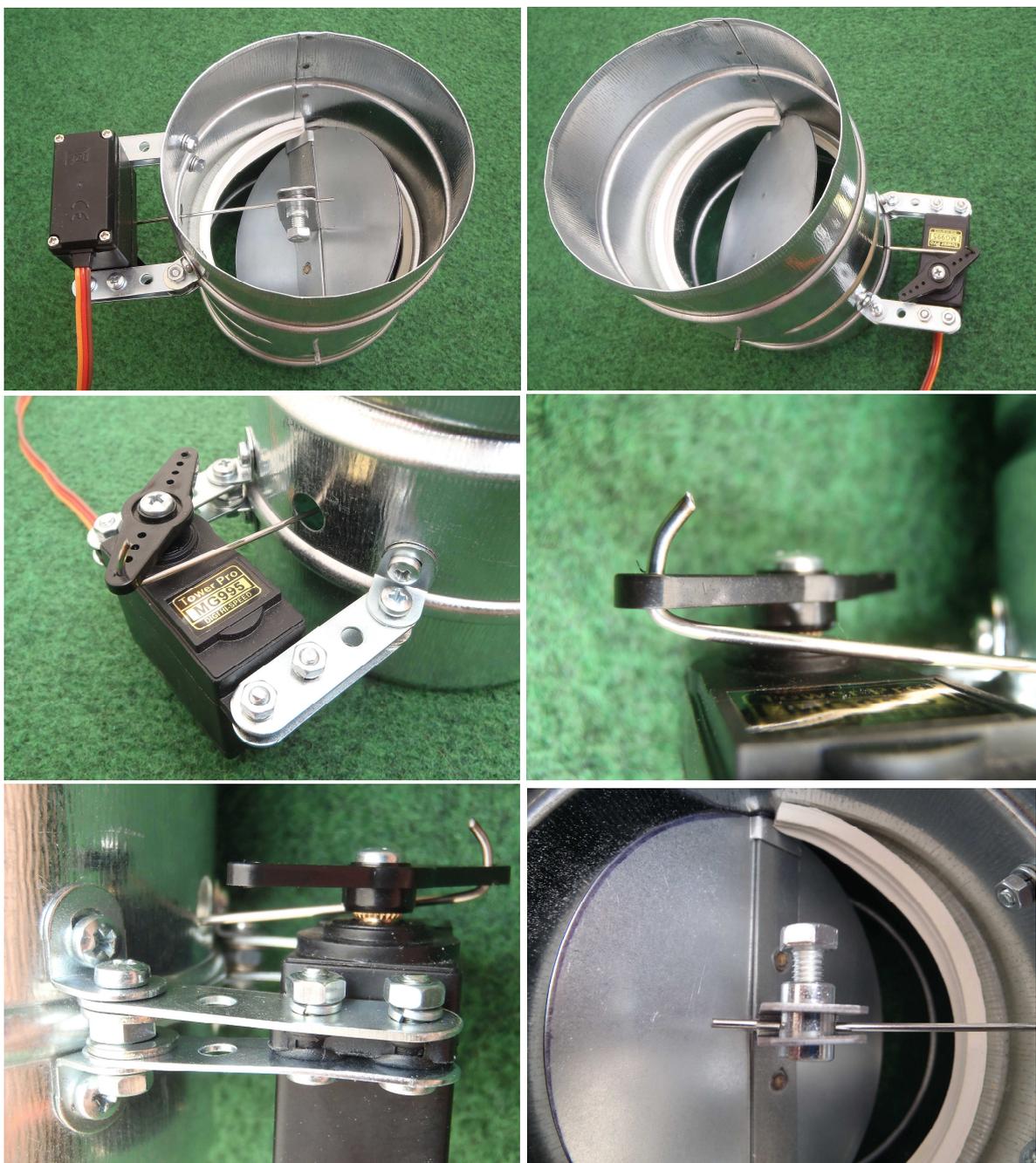
Obr.: 16.jpg a 17.jpg



Obr.: 18.jpg až 21.jpg

Klapka přívodu vzduchu ovládaná servem.

Základ tvoří klapka regulace přívodu vzduchu, kterou můžeme zakoupit v prodejnách s příslušenstvím ke krbu. Odšroubujeme bowden mechanického ovládání a za pomoci dílů stavebnice Merkur připevníme modelářské servo ke klapce. Táhlo mezi uzávěrem klapky a pákou serva můžeme například vyrobit z nerezového drátu, který získáme odlomením jednoho trnu hrotového systému pro ochranu staveb před holuby. Aby uzávěr v uzavřené poloze dobře těsnil, doplníme po odvodu hrází po obou stranách dosednutí uzávěru těsněním (například samolepicí těsnění do oken). Celá sestava je vidět na obrázcích 8.jpg až 13.jpg.



Obr.: 8.jpg až 13.jpg

Nastavení parametrů regulátoru



Pod displejem jsou čtyři tlačítka označená „nastav“, „auto./man. zpět“, „-“ a „+“. Tlačítkem „nastav“ vybíráme parametry, které potřebujeme nastavit. Tlačítkem „auto./man. zpět“ se vracíme z nastavení parametrů zpět na zobrazení teploty hoření. Stejným tlačítkem po návratu na zobrazení teploty hoření nastavujeme automatický nebo manuální řízení klapky přívodu vzduchu. Je-li u parametru „Sání“ zobrazeno číslo s procenty otevření klapky nasávání vzduchu je regulátor v automatickém režimu. Tlačítkem můžeme klapku přívodu vzduchu uzavřít, nebo otevřít což je signalizováno texty „zav.“ nebo „otv.“ Tlačítka „-“ a „+“ sloučí pro zvětšení nebo zmenšení nastavované hodnoty.

Obr. 22.jpg

V pravé spodní části displeje je graf zobrazení necelé poslední hodiny hoření. Nad ním je režim regulátoru. Čas zobrazuje, jak dlouho probíhá hoření. Čas se nuluje se při poklesu teploty pod hranici teploty „Ukončeného hoření“. Sání indikuje stupeň otevření klapky nasávání vzduchu.



Na ilustračním obrázku 23.tif jsou vidět jednotlivé kroky při nastavování parametrů regulátoru.

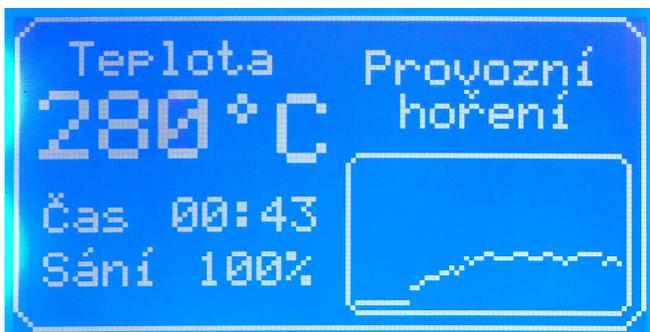
Regulace počáteční teploty hoření omezuje maximální teplotu při počátečním hoření. Jak již bylo napsáno, jde o ochranu před poškozením. Délka počátečního hoření umožňuje, aby nebyl přívod vzduchu omezován a mohlo začít vše dobře hořet. Účinnost kamen je v této fázi výrazně nižší.

Teplota spalin se nastavuje podle doporučení výrobce použitých kamen. Obecně platí, že čím je teplota nižší, tím bývá účinnost kotle vyšší. Maximální teplota při vypnuté regulaci je opět ochranný prvek, který chrání kotel, teplotní čidlo a další prvky před poškozením vysokou teplotou v době kdy je nastavena manuální regulace a klapka přívodu vzduchu je úplně otevřena. Po dosažení této maximální teploty se manuální režim přepne do automatického.

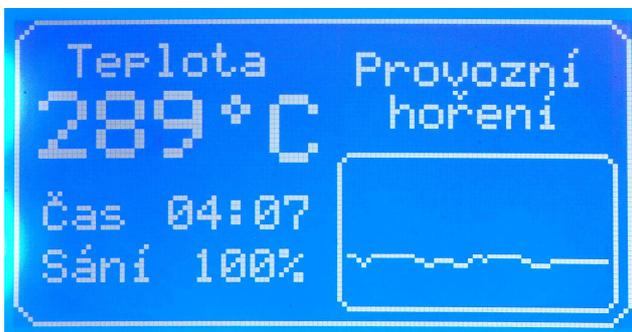
Rychlost klapky přívodu vzduchu je doba, jak dlouho má trvat, než se klapka přívodu vzduchu ze zavřené polohy dostane do plně otevřené a naopak. Krok řízení regulace je 10%. Uzavření při poklesu pod udává, jak vysoká teplota spalin v komíně způsobí aby se regulátor přepnul z režimu „Ukončené hoření“ do režimu „Počáteční hoření“ při začátku topení, nebo z režimu „Provozní hoření“ do režimu „Ukončené hoření“ při ukončení topení.

Obr. 23.tif

Autentické foto zobrazovacího panelu – displeje z provozu krbové vložky UNIFLAM 600 s provozní teplotou kouřových spalin 290°C.



Obr.: 14.jpg



Obr.: 15.jpg

Na obrázku 14.jpg je vidět 43. minuta regulace po té, co teplota po 15 té minutě stoupla nad hranici „Ukončené hoření“. Na obrázku 15.jpg je zobrazen průběh hoření po čtyřech hodinách.

Seznam součástek zapojení s LCD displejem

Součástka	Hodnota	Poznámka
C1, C2	CK 33p	
C3, C4, C8	CE 47u/16V	
C5, C6, C7	CE 47n	
IO1	PIC16F877A-I/P	program S252
IO2	MG12864A-SBC/H	
K1	MLW10	
R1	CA6VK025 20k	
R2	R 5	
R3, R4, R5, R6	R 22k	
R7, R8	R 2k2	
R9	R 4k7	
S1, S2, S3, S4	P-B1720E	
X1	Q 20MHZ	

SK1	sokl 28	
KON1	S1G20 kolíky	propojení s IO2
KON2	BL820G dutinky	propojení s IO2
Plošný spoj	slotrace.243	

Seznam součástek napájecích obvodů

Součástka	Hodnota	Poznámka
C1,C2	CE 220u/16V	
C3,C4,C5,C6	CK 47n	
C7,C8	CE 47u/16V	
C9,C10	CK 47n	
C11	CE 4,7u/50V	
D1,D2	D 1N4004	
IO1,IO2	7805T	
K1,K4	ARK500/2	
K3	MLW10	
K2,K5	ARK500/3	
LED1	LED3mmR	
R1	PT10VK010 (10k)	
R2	PT10VK005 (5k)	
R3	R 3k3	
R4	R 10k	
R5	R 680	
Chladič	DO1	
Plošný spoj	regkrb.252	V.1.1 opraveny rozteče konektorů

Ostatní součástky

4ks dist. sloupky jako hmatníky pro tlačítka, distanční sloupky pro sešroubování tištěných spojů, 2ks PFL10 a plochý kablík pro propojení desek s tištěnými spoji, šroubky a maticky pro připevnění chladiče stabilizátoru a sešroubování desek, napájecí zdroj 9 V, modelářské servo pro řízení klapky, čidlo teploty PT100, čidlo otevření dvířek.

Cena naprogramovaného mikrokontroléru PIC16F877 s programem S252 pro konstrukci Regulátor přívodu vzduchu stojí 499 Kč + poštové a balné a je si ho možné objednat emailem: standa@praha82.cz nebo na www.praha82.cz.

* I když má teplota klesající nebo stoupající tendenci, v krátkých intervalech se pohybuje nahoru a dolů.

[1] <http://energetika.tzb-info.cz/8644-o-spalovani-tuhych-paliv-v-lokalnich-topenistich-2>