

# Palubný počítač pre bezmotorové lietadlo

Dušan Zubák, Mikuláš Alexík

Článok predstavuje opis štruktúry palubného počítača vytvoreného pre navigáciu a riadenie bezmotorového lietadla. Po realizácii boli vykonané merania počas letu, ktoré sú v článku komentované a dokumentujú výhody použitia palubného počítača počas letu. Autor návrhu pripravuje verziu palubného počítača, vhodnú pre komerčné využitie.

## Úvod

Rozvoj výpočtovej techniky je v štádiu, keď sú komerčne prístupné malé a lacné mikrokontroléry, prevodníky A/D, D/A a rôzne, už aj inteligentné snímače. „Formálne“ je možné konštruovať ľubovoľné tzv. „palubné počítače (PP)“, (board computer). Pred tým je potrebné zvládnuť tri oblasti:

1. podrobne poznať „technológiu“ riadenia daného dopravného prostriedku,
2. mať k dispozícii vhodné snímače, akčné členy a mikro počítač,
3. ovládať techniku navrhovania.

PP pre bezmotorové lietadlá existujú, sú však cenovo náročné (30 – 180 tisíc Sk), takže vlastná realizácia môže byť výhodná tým, že je „šitá na mieru“ a finančne úsporná.

Palubný počítač v lietadle má za úlohu len uľahčovať rozhodovanie pilota v tom zmysle, že poskytuje rýchle a spoľahlivé informácie o polohe, smere, rýchlosti a ďalších vstupných či výstupných dátach. Následným využitím teoretických optimalizačných postupov [2], [3] tiež pomáha zvyšovať cestovnú rýchlosť podľa celkovej situácie. Zariadenie nenahradí pilota pri sledovaní meteorologickej situácie, následnom vyhľadávaní stúpavých prúdov alebo pri určovaní taktiky letu v oblastiach so slabými alebo žiadnymi stúpavými prúdmi, či naopak, v oblastiach s častými a silnými prúdmi.

## Problematika bezmotorového lietania

Rýchlosť preletu ovplyvňujú predovšetkým meteorologické podmienky, dané veľkosťou vertikálneho aj horizontálneho prúdenia,

usporiadaním výstupných prúdov, stálosťou podmienok v danej oblasti a pod. Nemalý význam má i výkonnosť použitej techniky a vybavenia. Plachtár však ovplyvňuje preletovú rýchlosť voľbou vhodnej taktiky letu. Až dokonalé využitie všetkých možností, ktoré poskytuje počasie, technika a taktika, vedie k maximálnym výkonom.

Na ceste za vysokými plachtárskymi výkonmi sa neoplatí ignorovať výsledky riešení optimalizačných úloh, zameraných hlavne na dokonalé využitie vlastností použitého klzaka.

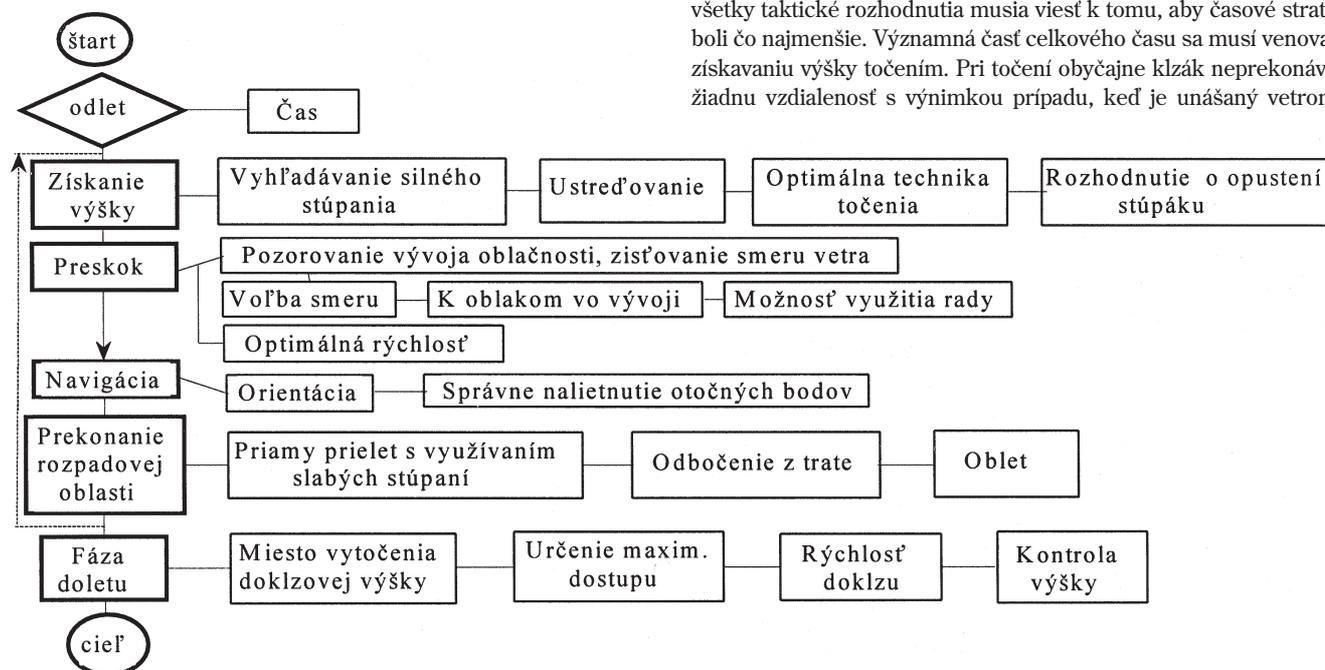
Blokový diagram uvádza najdôležitejšie taktické prvky, ktoré majú zásadný vplyv na preletovú rýchlosť. Diagram poslúži ako prehľad činností, na ktoré sa treba zamerať pri príprave, a tiež ako pomôcka pre letové rozborov. Iba rozborom uskutočnených preletov možno racionálne zabezpečovať ďalší výcvik, v ktorom sa treba vyhnúť opakovaniu chýb z predchádzajúcich letov.

## Význam preletovej rýchlosti

Na uskutočnenie preletov s využitím termickej konvekcie má plachtár k dispozícii iba obmedzený niekoľkohodinový časový interval. Úspešné absolvovanie dlhých preletov vyžaduje preto let s vysokou priemernou preletovou rýchlosťou. Vývoj moderného plachtenia ukázal, že preletová rýchlosť je najcitlivejším meradlom výkonnosti plachtára.

## Faktory ovplyvňujúce preletovú rýchlosť

Preletová rýchlosť je nepriamo úmerná času letu na trati, preto všetky taktické rozhodnutia musia viesť k tomu, aby časové straty boli čo najmenšie. Významná časť celkového času sa musí venovať získavaniu výšky točením. Pri točení obyčajne klzák neprekonáva žiadnu vzdialenosť s výnimkou prípadu, keď je unášaný vetrom



Obr.1 Bloková schéma dôležitých taktických prvkov rýchlostného preletu

smerom k cieľu. Preto je prirodzenou snahou pilota získať výšku v čo najkratšom čase. To umožňuje iba dokonalá znalosť vyhľadávania tých najsilnejších stúpavých prúdov v danej oblasti. Palubný počítač zaznamenáva priebeh stúpania a na displeji zobrazuje tvar krivky letu. Podľa sily stúpania určuje pravdepodobný tvar stúpavého prúdu a usmerňuje pilota do najsilnejšieho stúpania.

Prelet by mal byť čo najdlhší, preto naň využijeme každú príležitosť - od podlietavania drobných oblakov i za cenu niekoľkostupňového odbočenia od plánovanej trate preletu - až po let pod vyvinutým radom kumulov. Skúsený plachtár využíva všetky, aj tie najdrobnejšie meteorologicky zdôvodnené odbočenia na to, aby čo najmenej strácal výšku. Vlastnosti klzáka využíva podľa zásad optimalizácie, a v tom pomáha naprogramovaný softvér palubného počítača.

Veľké časové straty vznikajú nesprávnou navigáciou. Plachtár musí poznať nielen svoju polohu, ale v závislosti od podmienok a terénu sa musí vedieť správne rozhodnúť pre prípadné odbočenie alebo oblet. Prirodzene, nesmie to znamenať stratu orientácie, ktorá spôsobí nenahraditeľnú stratu času, niekedy aj prerušenie letu. Využitým prijímača systému GPS sa však navigácia zjednodušuje a s presnosťou a možnosťou straty orientácie je minimálna.

Nesprávnym záverečným doklзом môže plachtár stratíť niekoľko cenných minút, ktoré majú mimoriadne veľký význam pri krátkych tratiach. Optimálne riešenie doletu umožňuje opätovné vy-

užitie optimalizačných postupov naprogramovaných v palubnom počítači.

### Návrh štruktúry palubného PC

Pri vlastnom riešení bolo potrebné navrhnuť a realizovať:

1. Štruktúru zapojenia mikropočítača a snímačov teploty, tlaku a rýchlosti a prístroja GPS.
2. Štruktúru obvodu napájania prístroja GPS.
3. Štruktúru obvodu na meranie rýchlosti obtekania okolitého vzduchu.
4. Štruktúru obvodu na meranie teploty okolitého vzduchu.
5. Štruktúru obvodu merania tlaku vzduchu.
6. Štruktúru obvodov napájania A/D prevodníka a tlakového snímača.
7. Softvérovo obslúžiť pripojený hardvér na efektívne spracovanie dát.
8. Naprogramovať optimalizačné postupy.
9. Vytvoríť grafické prostredie na zobrazovanie výstupných informácií.

### Overenie činnosti PP v prevádzke

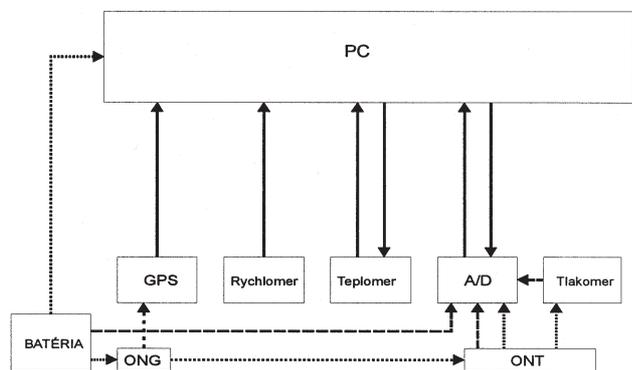
Priebehy boli namerané dňa 10. 5. 2003 a všetky boli namerané v rovnakom čase, čiže opisujú rovnakú časť letu.

Podľa priebehu v grafe vidíme, že teplota s výškou klesá v čase od 90 [s] do 560 [s]. Keďže v stúpavom prúde je teplota povetria vyššia než v okolitom vzduchu, preto teplota (červená) v čase od 200 [s] do 390 [s] neklesá, hoci výška (modrá) v tom čase stúpa od 700 [m] do 800 [m], čo spĺňa už skôr uvedené predpoklady.

Krivka zobrazuje pohyb klzáka z pohľadu odhora na zem a na obrázku vidieť priamočiary let do stúpavého prúdu. Klzák tu prechádza do točenia v stúpavom prúde, ale pôsobenie vetra spôsobuje pohyb klzáka v smere vetra. Po opustení stúpavého prúdu prechádza klzák do priamočiareho letu.

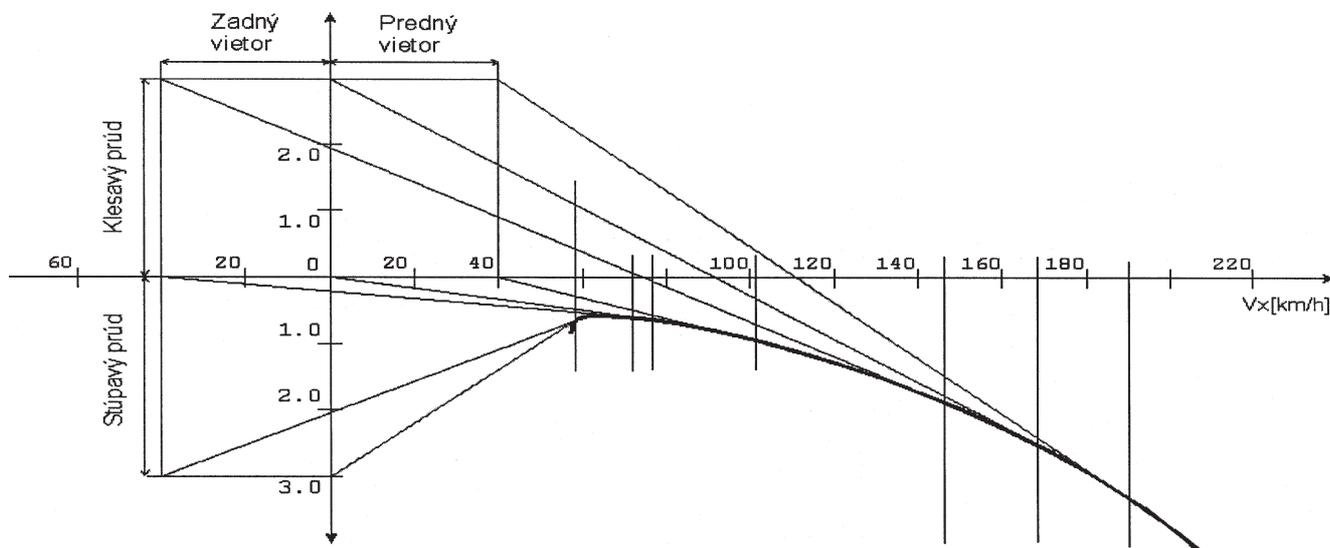
Meranie výšky prístrojom GPS je menej citlivé na zmenu ako meranie tlakovým snímačom (obr. 5/1) a odráža sa to na hladšom priebehu meranej veličiny. Presnosť merania výšky prístrojom GPS je závislá od počtu a umiestnení satelitov vysielajúcich signál systému GPS.

Rýchlosť nameraná prístrojom GPS je meraná vzhľadom k zemi. To spôsobuje kolísanie rýchlosti podľa toho, ktorým smerom (vzhľadom k pôsobeniu vetra) letí klzák, čo vidieť aj z obr. 5/2 na tvare dráhy letu. V smere vetra sa dráha predlžuje, v protismere skracuje, a toto spôsobuje charakteristický tvar dráhy letu klzáka.

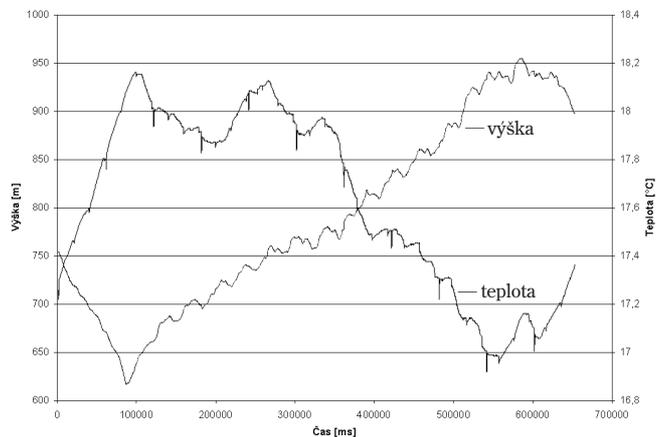


- PC – použitý mikropočítač
- Batéria – zdroj napätia pre mikropočítač a pripojené obvody
- GPS – prijímač signálu systému GPS
- Rýchlomer – digitálny snímač rýchlosti obtekania okolitého vzduchu
- Teplomer – digitálny snímač teploty vzduchu
- A/D – analógovo-digitálny prevodník
- Tlakomer – analógový snímač tlaku vzduchu
- ONG – obvod napájania prístroja GPS
- ONT – obvod napájania A/D prevodníka a tlakového snímača

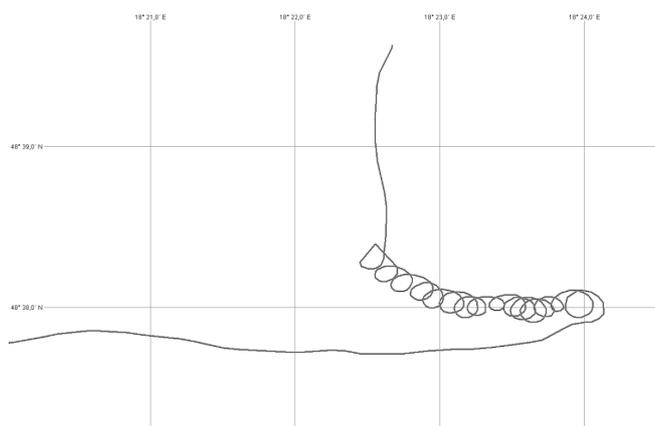
Obr.2 Zapojenie palubného počítača



Obr.3 Polára klzáku VSO-10, určenie optimálnych rýchlostí



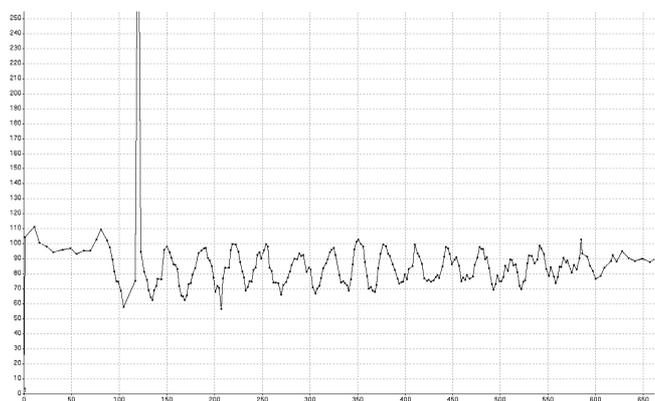
Obr.4 Priebeh teploty a výšky v závislosti od času



Obr.5 Záznam súradnicovej polohy klzáka nameranej prístrojom GPS



Obr.6 Výška nameraná prístrojom GPS v závislosti od času



Obr.7 Priebeh rýchlosti nameranej prístrojom GPS v závislosti od času

## Záver

Hlavný význam palubného počítača spočíva v znížení zafarbenia pilota pri náročnom lete a zmenšení chýb vzniknutých únavou pilota. Počítač dokáže presne a rýchlo riešiť výpočtové úlohy, a tým ušetriť čas pilota, ktorý je potrebnejší na vyhľadávanie stúpavých prúdov, sledovanie meteorologickej situácie a blízkosti okolitých lietadiel. Informácie zobrazované na displeji pilotovi klzáka približujú skutočnú situáciu počas letu, takže pilot dokáže reálne a správne vyhodnotiť situáciu a vďaka tomu môže dosahovať aj vysoké športové výkony. Autor návrhu [1] pripravuje komerčnú realizáciu na báze mikrokontroléra ATMEL a v prípade záujmu rád odpovie na otázky.

## Literatúra

[1] ZUBÁK, D.: Palubný počítač pre navigáciu a riadenie bezmotorového lietadla. Diplomová práca. FRI, KTK ŽU v Žiline 2003.

[2] WALA, T. a kol.: Metodika výcviku na klzákoch. Díl III. Sportovní výcvik. ÚV SVAZU PRO SPOLUPRÁCI S ARMÁDOU, Praha 1982.

[3] KDÉR, F., CHYBA, J., KOPÁČEK, J., STARÝ, J., TŮMA, J.: Učebnice pro sportovní letce. Praha, Naše vojsko 1973.

**Dušan Zubák**

Veľká okružná 1022/2  
95801 Partizánske  
e-mail: dzubak@pobox.sk

**prof. Ing. Mikuláš Alexík, CSc.**

FRI-KTK, ŽU v Žiline  
Veľký diel  
010 26 Žilina

40