

# **Vývoj zařízení pro příjem a záznam koordinovaného času pro účely astronomického měření**

**Autor: Michal Kovář**

**Vedoucí: Ing. Zdeněk Vyskočil, Ph.D.**

**Oponent: prof. Ing. Jiří Pospíšil, CSc.**

# **Předmět práce**

## **Synchronizace a záznam času**

# Motivace

## Současný postup astronomického měření

### Chyby v určení času

### Vliv chyby v určení času

$\Delta \text{UTC [s]}$	Rozdíl azimutů ["]	Rozdíl azimutů [°]
1	13,93	43,01
0,1	1,39	4,30
0,01	0,14	0,43

# **Cíl práce**

**Automatická synchronizace času**

**Záznam na MicroSD kartu**

**Komunikace s totální stanicí**

**Informování měřiče**

# **Metody příjmu času**

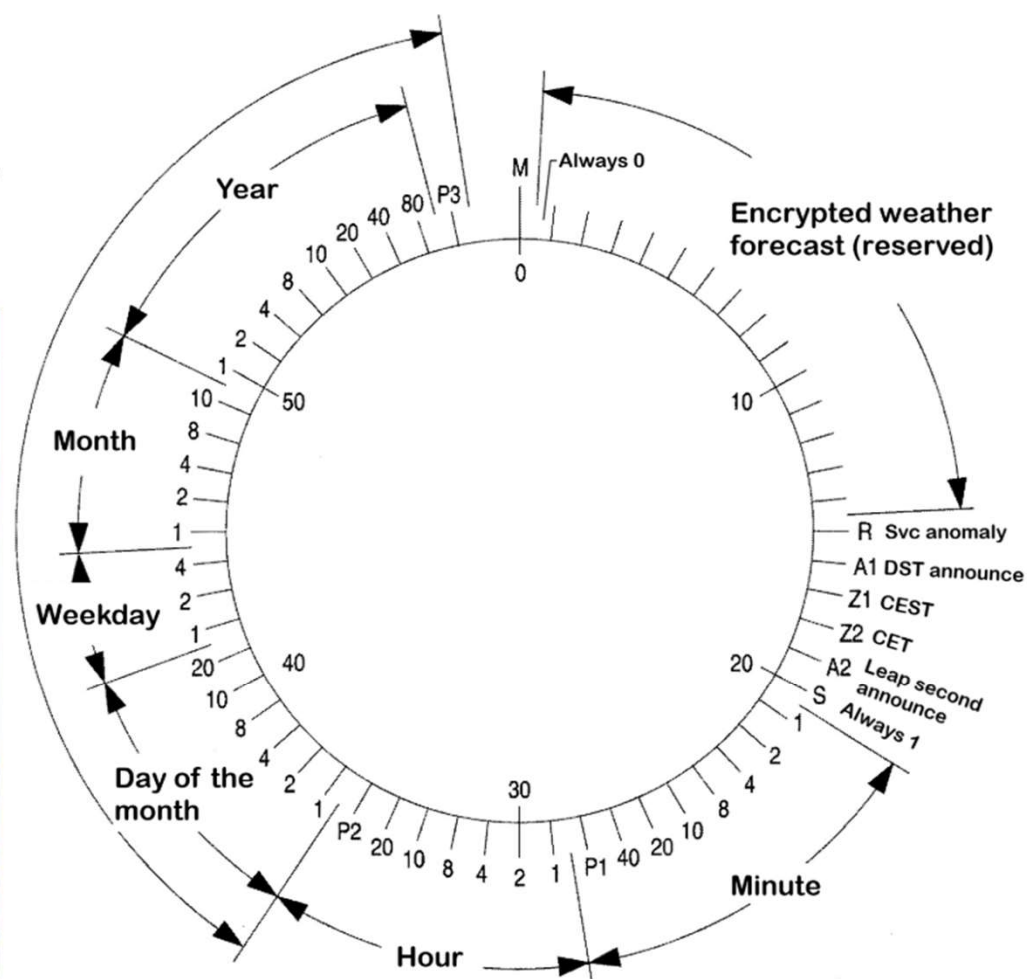
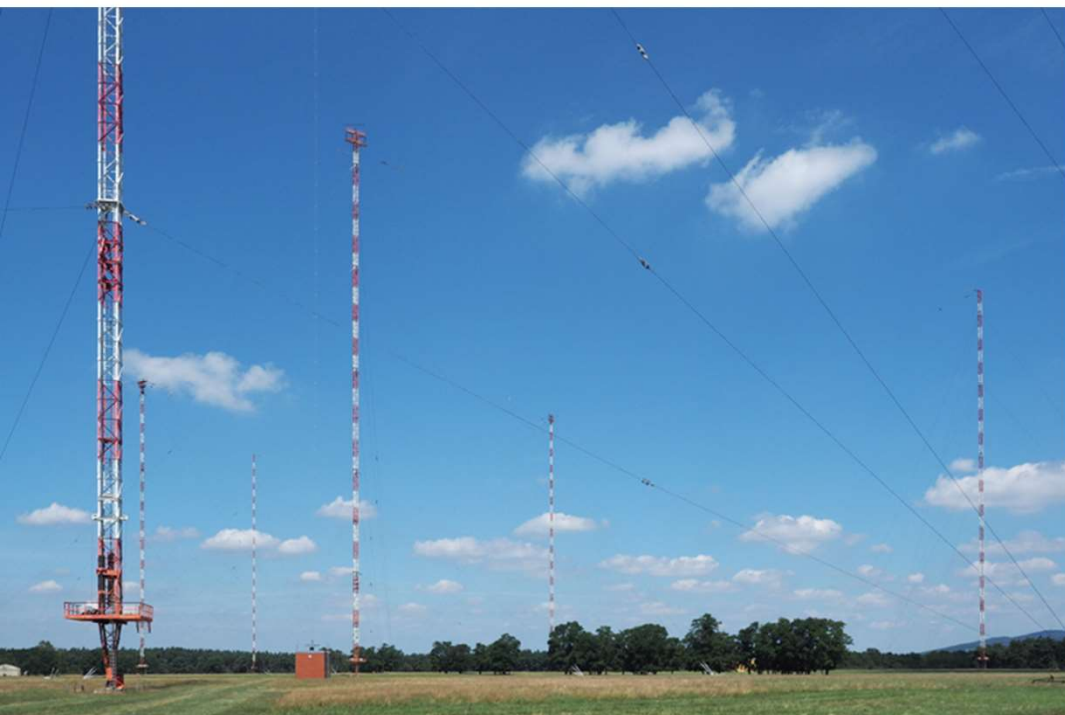
**Rádiový signál**

**Internet**

**GNSS**

# Rádiový signál

**OMA50, WWVB, MSF, DCF77**



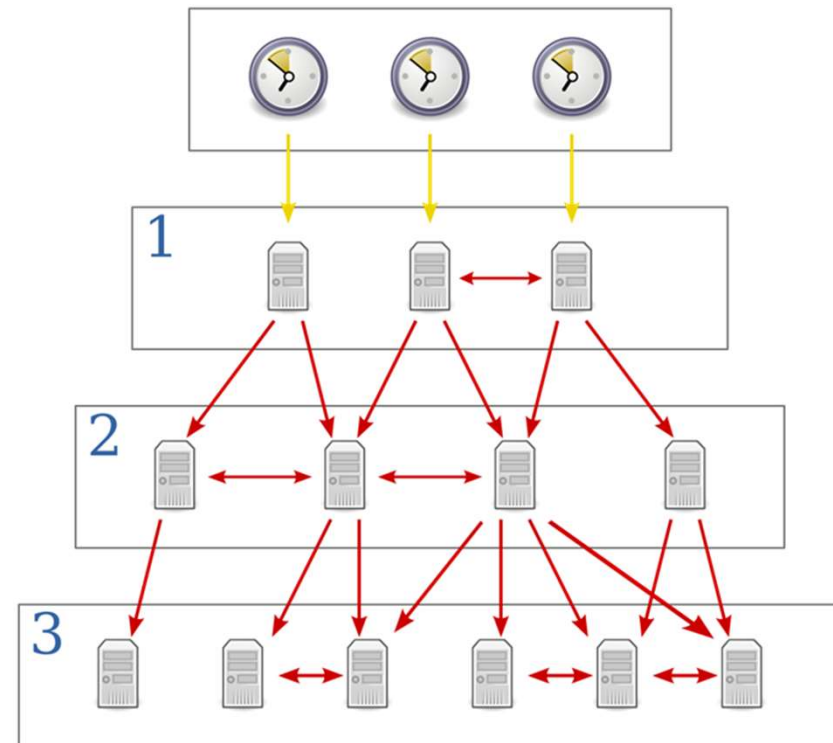


# Internet

## Application Programming Interface (API) Network Time Protocol (NTP)



**NTP Pool**

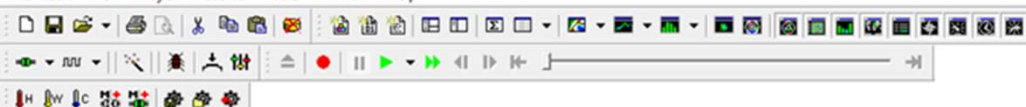


# GNSS



COM12 @ 9600 - u-center 23.08

File Edit View Player Receiver Tools Window Help

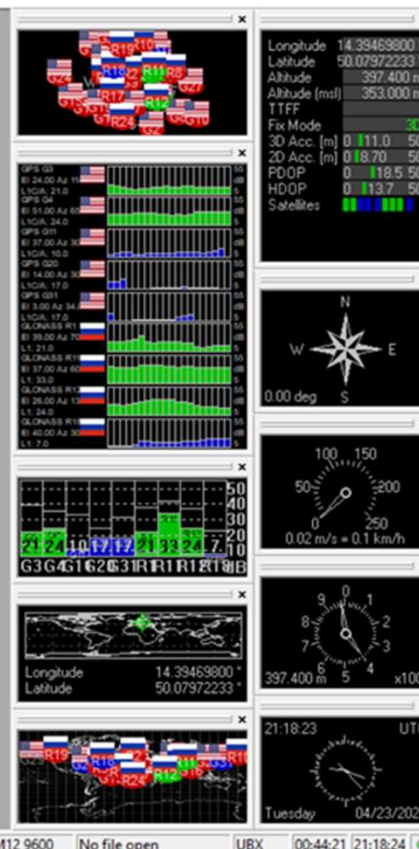


**Text Console**

```

21:18:22 $GLGSV,3,1,10,65,39,070,21,66,69,336,,67,25,279,,74,07,013,*6E
21:18:22 $GLGSV,3,2,10,75,37,060,31,76,26,130,23,81,37,237,,82,40,303,07*63
21:18:22 $GLGSV,3,3,10,83,14,341,,88,03,196,*61
21:18:22 $GNGST,211822.00,42,,,4,3,7,5,6,8*4E
21:18:22 $GNZDA,211822.00,23,04,2024,00,00*73
21:18:23 $GNGGA,211823.00,5004.78334,N,01423.68188,E,1,05,13.73,353.0,M,44.4,M,,*7A
21:18:23 $GNGSA,A,3,03,04,,,,,,,,,18,51,13,73,12,42*25
21:18:23 $GNGSA,A,3,75,65,76,,,,,,,,,18,51,13,73,12,42*22
21:18:23 $GPGSV,4,1,13,03,24,118,21,04,51,065,24,06,55,248,,07,34,181,*75
21:18:23 $GPGSV,4,2,13,09,83,277,,11,37,303,10,16,12,081,,19,01,234,*79
21:18:23 $GPGSV,4,3,13,20,14,303,17,26,13,046,,29,00,357,,30,06,199,*77
21:18:23 $GPGSV,4,4,13,31,03,034,17*4B
21:18:23 $GLGSV,3,1,10,65,39,070,21,66,69,336,,67,25,279,,74,07,013,*6E
21:18:23 $GLGSV,3,2,10,75,37,060,31,76,26,130,24,81,37,237,,82,40,303,07*66
21:18:23 $GLGSV,3,3,10,83,14,341,,88,03,196,*61
21:18:23 $GNGST,211823.00,40,,,4,3,7,5,6,8*4D
21:18:23 $GNZDA,211823.00,23,04,2024,00,00*72
21:18:24 $GNGGA,211824.00,5004.78336,N,01423.68185,E,1,05,13.73,353.0,M,44.4,M,,*72
21:18:24 $GNGSA,A,3,03,04,,,,,,,,,18,51,13,73,12,41*26
21:18:24 $GNGSA,A,3,75,65,76,,,,,,,,,18,51,13,73,12,41*21
21:18:24 $GPGSV,4,1,13,03,24,118,22,04,51,065,23,06,55,248,,07,34,181,*71
21:18:24 $GPGSV,4,2,13,09,83,277,,11,37,303,09,16,12,081,,19,01,234,*71
21:18:24 $GPGSV,4,3,13,20,14,303,15,26,13,046,,29,00,357,,30,06,199,*75
21:18:24 $GPGSV,4,4,13,31,03,034,16*4A
21:18:24 $GLGSV,3,1,10,65,39,070,22,66,69,336,,67,25,279,,74,07,013,*6D
21:18:24 $GLGSV,3,2,10,75,37,060,29,76,26,130,23,81,37,236,,82,40,303,07*6B
21:18:24 $GLGSV,3,3,10,83,14,341,,88,03,196,*61
21:18:24 $GNGST,211824.00,42,,,4,3,7,6,6,8*4B
21:18:24 $GNZDA,211824.00,23,04,2024,00,00*75

```



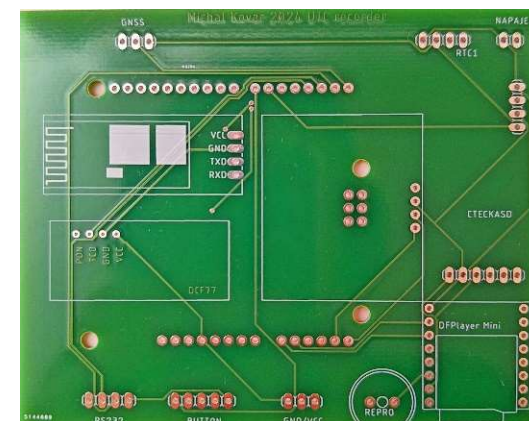
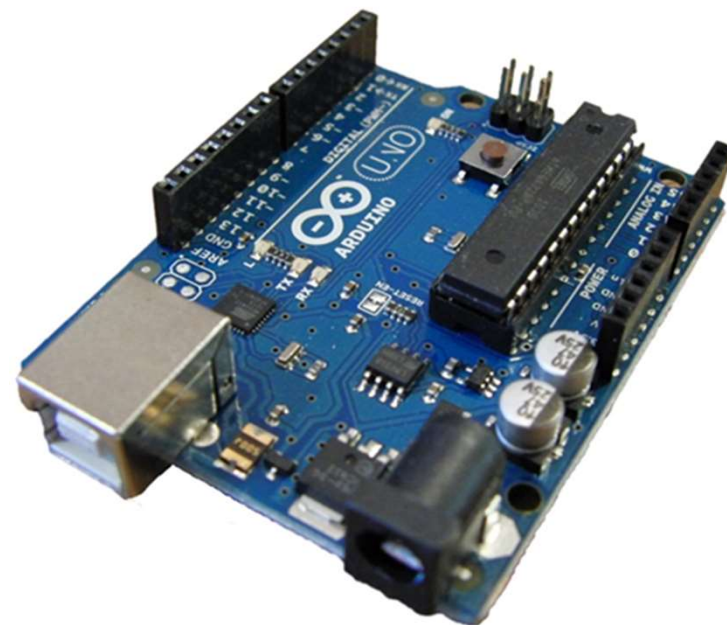


# Použité komponenty

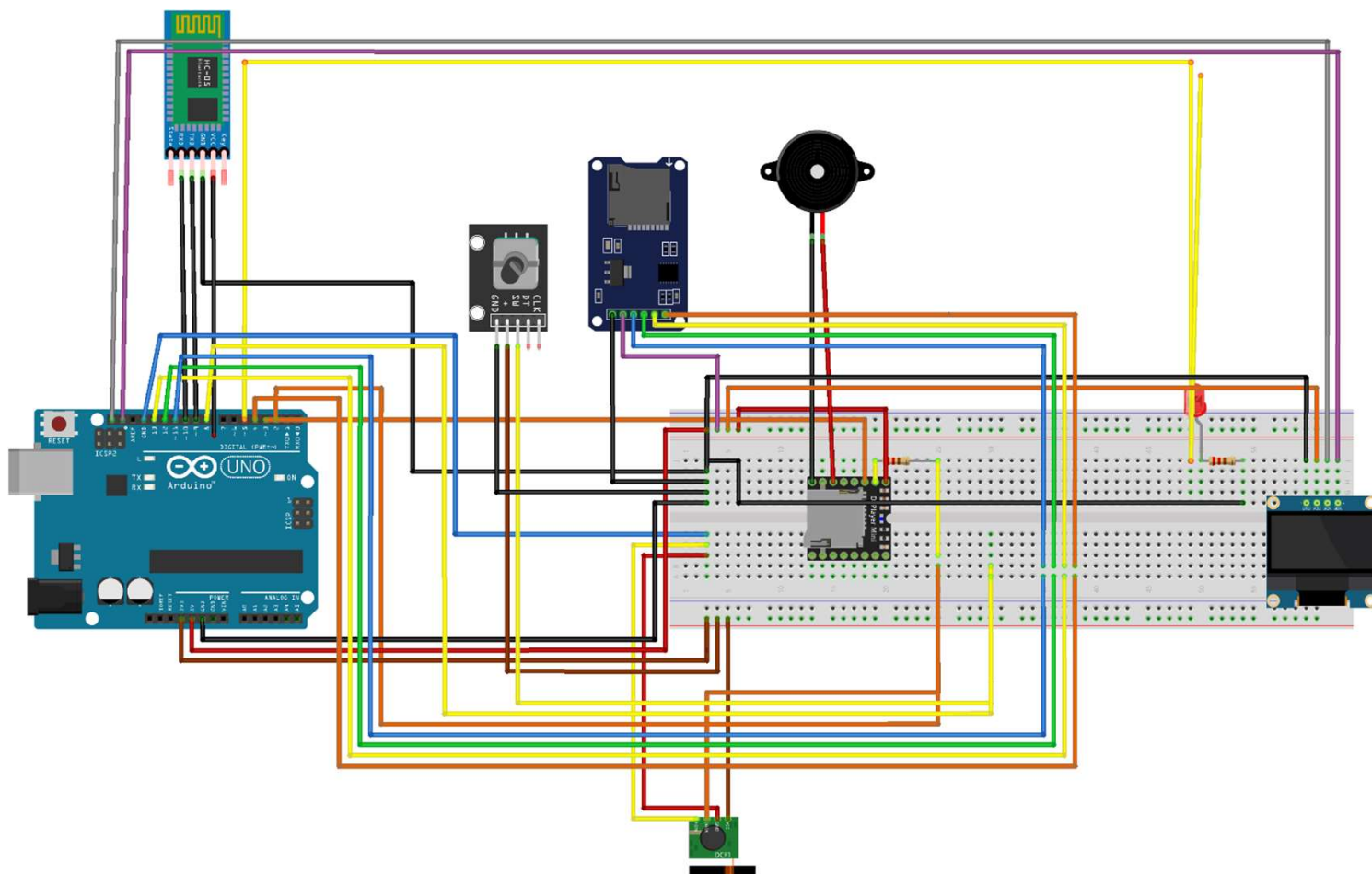
**Vývojová deska**

**Deska plošných spojů (DPS)**

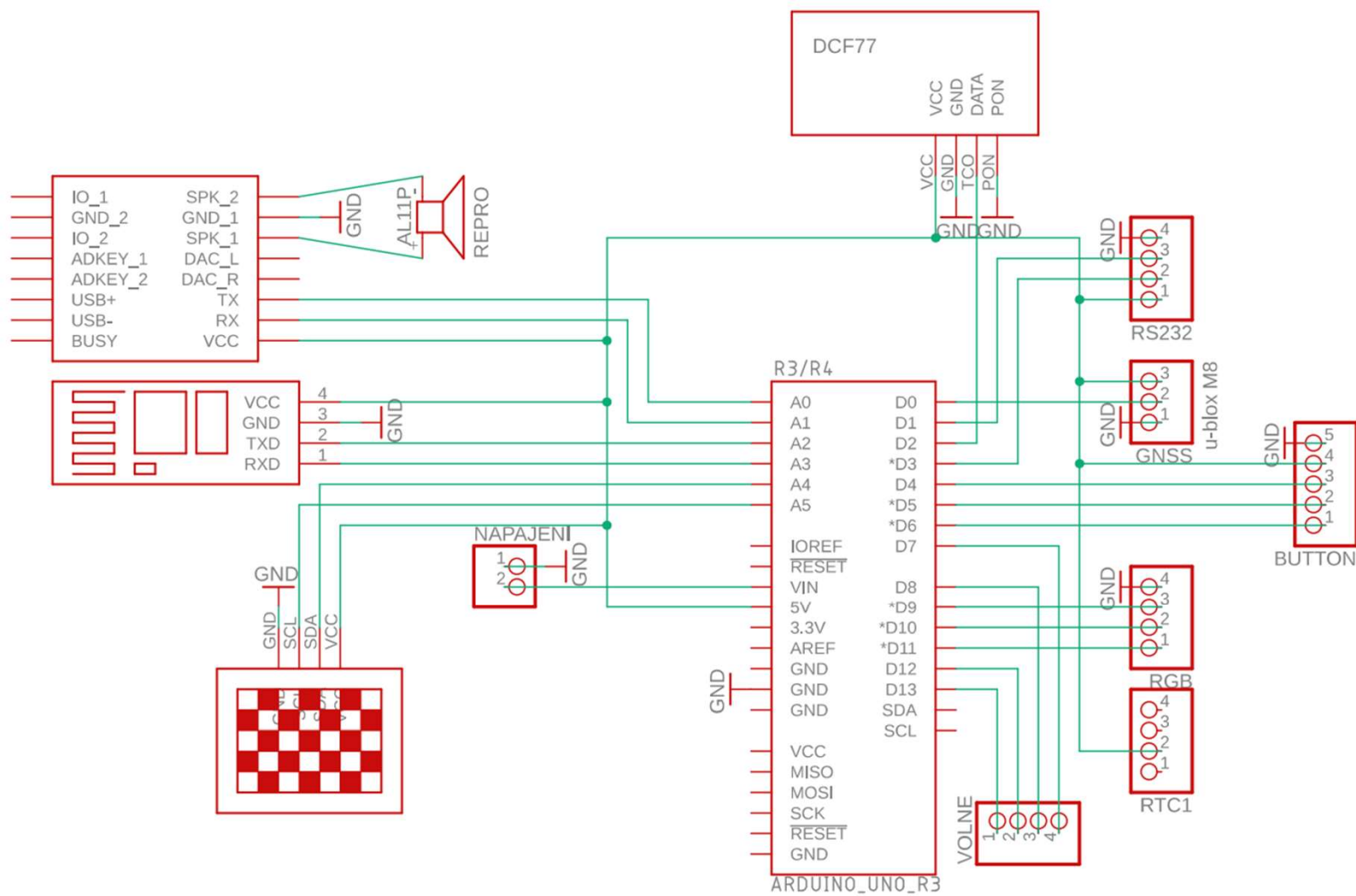
**Další**



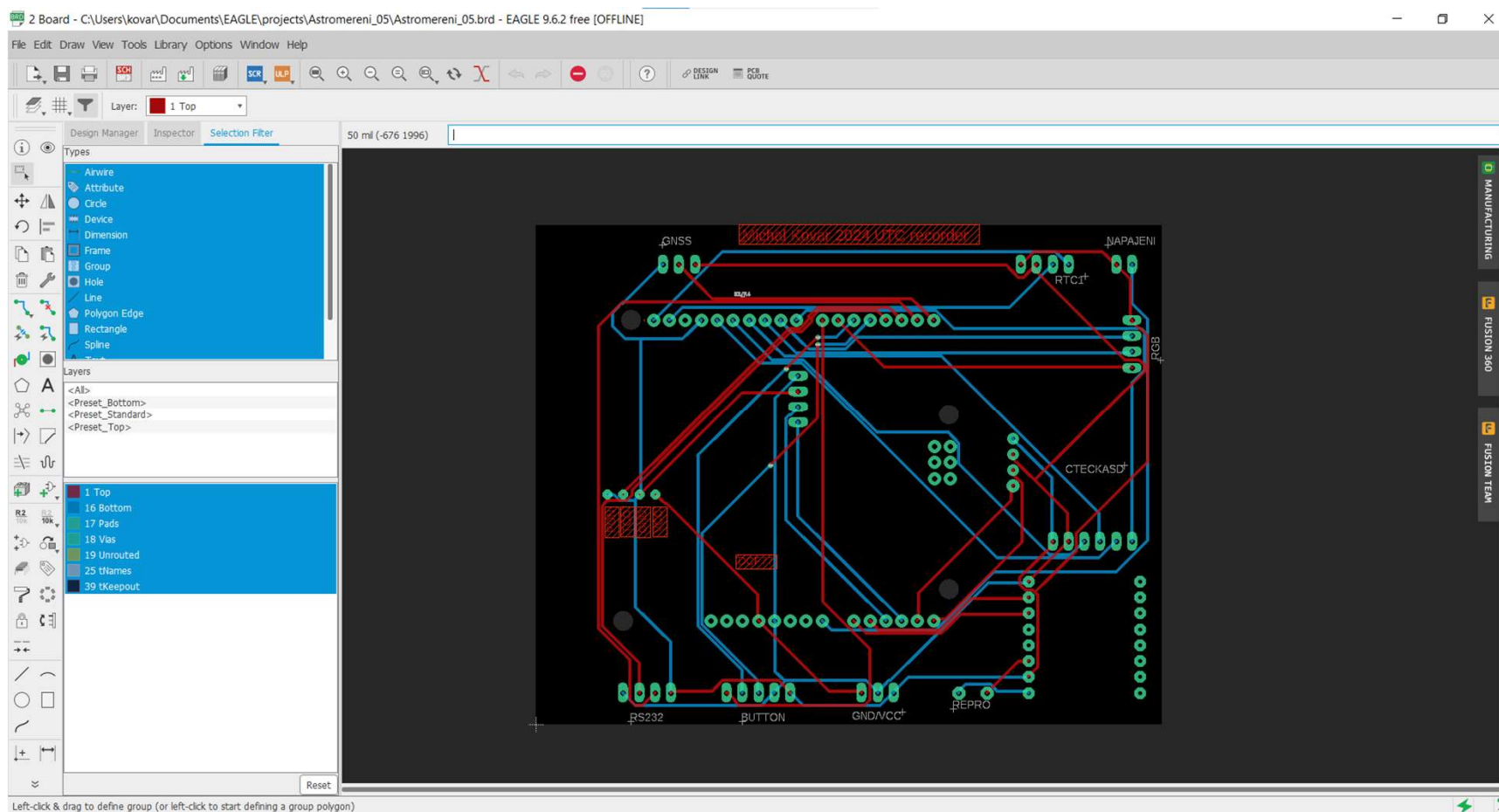
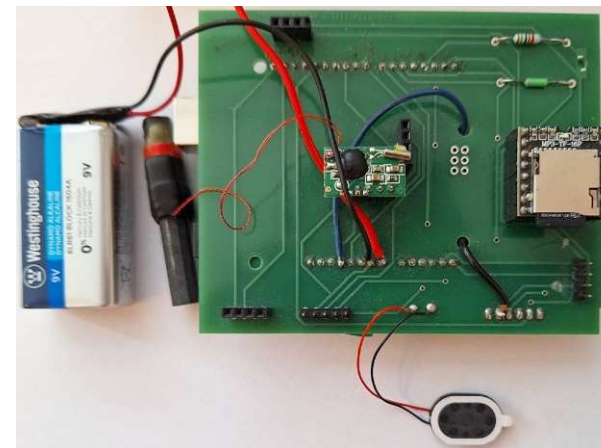
# Schéma zapojení



# Schéma zapojení



# Deska plošných spojů









# Prototyp zařízení



# Soubory vytvořené na MicroSD kartě

Název	Datum změny	Typ	Velikost
 TEST.TXT	24.04.2023 18:59	Textový dokument	1 kB
 ZAZNAM.TXT	24.04.2023 18:59	Textový dokument	1 kB

 TEST.TXT – Poznámkový blok	 ZAZNAM.TXT – Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda	Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
cas naposledy aktualizovan: 15:26:00 24 04 2023	15:27:52.07 24 04 2023 000:06:10.72
cas naposledy aktualizovan: 15:27:00 24 04 2023	
cas naposledy aktualizovan: 15:28:00 24 04 2023	
cas naposledy aktualizovan: 15:29:00 24 04 2023	

# **Závěr**

**Funkční zařízení pro příjem a záznam koordinovaného času**  
**Možnosti vylepšení**

**Děkuji za pozornost**



## **Odpovědi na otázky oponenta**

**Které součástky nebyly v České republice dostupné?**

**Jak se bude lišit metoda měření s Astrochronografem oproti metodě zpracované Ing. O. Bottom v GÚ Bratislava v sedmdesátých letech minulého století?**

**Jak se projeví astronomická refrakce na určení astronomického azimutu Slunce?**

# **Které součástky nebyly v České republice dostupné?**

**Přijímač signálu DCF77**

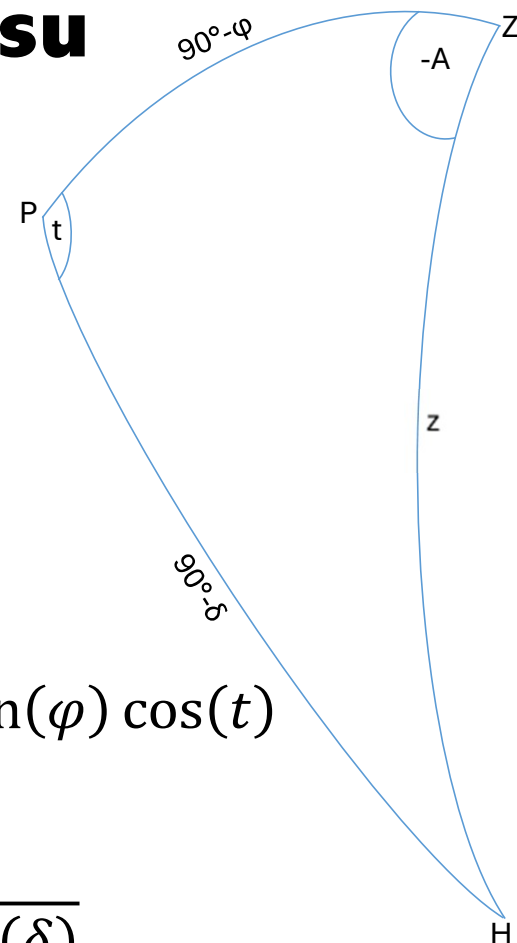


# **Jak se bude lišit metoda měření s Astrochronografem oproti metodě zpracované Ing. O. Bottom v GÚ Bratislava v sedmdesátých letech minulého století?**

**Měření vodorovných směrů a času**

**Měření vodorovných směrů a zenitových úhlů**

# Měření vodorovných směrů a času



$$-\sin(z) \sin(A) = \cos(\delta) \sin(t)$$

$$\sin(z) \cos(A) = \sin(\delta) \cos(\varphi) - \cos(\delta) \sin(\varphi) \cos(t)$$

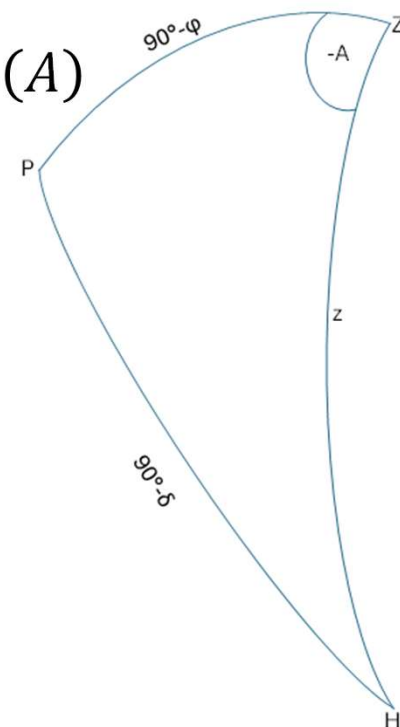
$$\operatorname{tg}(A) = \frac{\sin(t)}{\sin(\varphi) \cos(t) - \cos(\varphi) \operatorname{tg}(\delta)}$$

# Měření vodorovných směrů a zenitových úhlů

$$\cos(90 - \delta) = \cos(90 - \varphi) \cos(z) + \sin(90^\circ - \varphi) \sin(z) \cos(-A)$$

$$\sin(\delta) = \sin(\varphi) \cos(z) + \cos(\varphi) \sin(z) \cos(A)$$

$$\cos(A) = \frac{\sin(\varphi) \cos(z) - \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \sin(z)}$$



# Jak se projeví astronomická refrakce na určení astronomického azimutu Slunce?

**Pouze zenitové úhly**

**Tečna k zakřivenému paprsku**

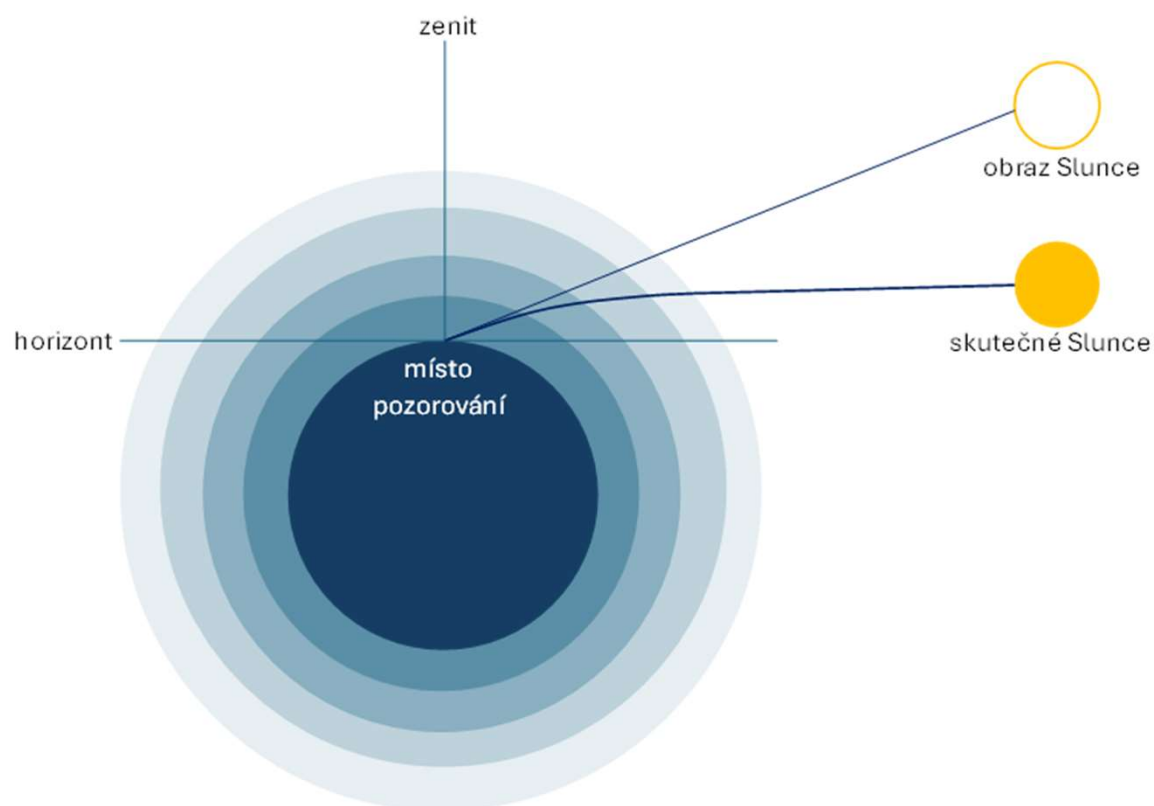
**Úhel, o který se liší skutečná výška hvězdy nad obzorem od pozorované zdánlivé výšky.**

$$R_0 = \frac{cb_0}{273^\circ + t_0} \operatorname{tg} z'$$

**Pro  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  a  $b_0 = 1013,2 \text{ hPa}$  [1]**

$z [^\circ]$	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90
$R_0$	2'44"	3'03"	3'27"	3'57"	4'37"	5'30"	6'47"	8'46"	12'11"	19'04"	36'30"

# Jak se projeví astronomická refrakce na určení astronomického azimutu Slunce?



## Zdroje

- [1] KABELÁČ, Josef a KOSTELECKÝ, Jan. Geodetická astronomie 10. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-01-01833-4.**
- [2] NTP Pool Project. NTP Pool Project [online]. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.ntppool.org/en/>.**
- [3] Arduino. Arduino - Home [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/>.**
- [4] Drátek. Drátek.cz [online]. [cit. 2024-05-01]. Dostupné z: <https://dratek.cz/>.**