

Návod na stavbu radiomajáku

Obsah

Popis	1
Vysílač	1
Přijímač	3
Zaměřování jeskyně pomocí radiomajáku	4
Popis menu přijímače	7
6 PRŮMĚROVÁNÍ	8
4 NAPĚTÍ BATERIE	9
3 KALIBRACE	9
2 VÝBĚR MĚŘÍCÍ CÍVKY	12
1 MĚŘENÍ	13
7 CANCEL	13
Seznam součástek - přijímač	13
Seznam součástek - vysílač	15
Schéma zapojení a rozmístění součástek	16
Cívky	19
Příklad mechanické konstrukce	20
Přijímací cívka	20
Vysílací cívka	21
Přijímač - umístění v krabičce	22
Vysílač - umístění v krabičce	23

Popis

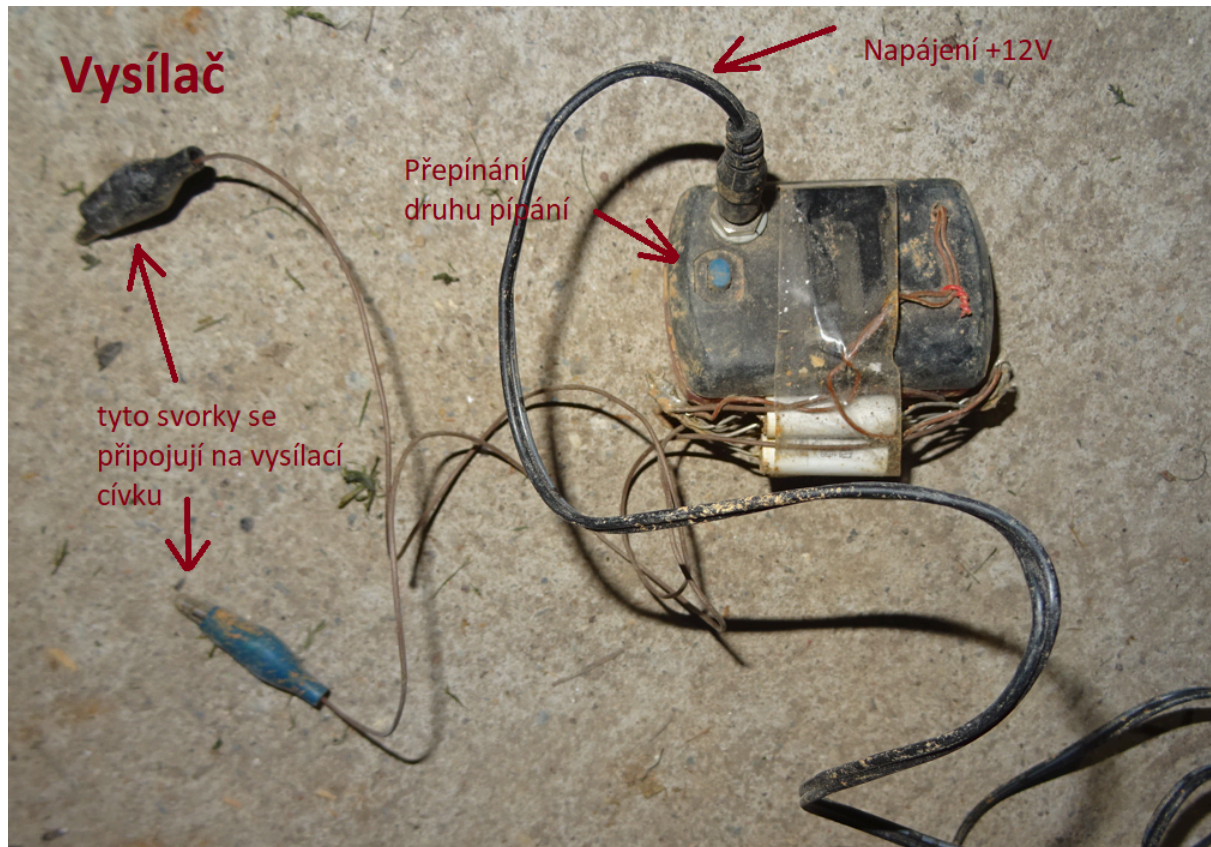
Radiomaják se skládá z dvou zařízení - vysílače a přijímače. Vysílač se umístí do jeskyně (komínu, nebo jiného lokalizovaného bodu v jeskyni). Přijímač slouží pro přesnou lokalizaci polohy vysílače, který vysílá z jeskyně kde přesně se nachází na povrchu. Dále zde uvedený radiomaják, kromě lokalizace na povrchu umí změřit i hloubku, v které se vysílač nachází.

Vysílač

K vysílači lze připojit různé typy cívek. Podle typu cívky se liší rozměry (čím větší tím méně přesná - musí být skládací a hůř se do jeskyně dopravuje) a tím pádem i dosahem. Další podmínkou vysílací cívky je, aby byla umístěna co nejkolměji. Pokud bude cívka umístěna nakřivo nebude místo na povrchu nalezeno přesně.

Kromě cívky se vysílač skládá z vlastní elektroniky a baterie. Elektronika je umístěna v malé krabičce, aby svou hmotností neovlivňovala zavěšenou cívku. Baterii jsem používal olověnou hermetizovanou 12V, ale může se použít libovolná jiná s napětím kolem 12V.

Detail na vysílač



Detail na vysílací cívku



Přijímač



Přijímač se skládá opět s cívky (antény) o rozměrech obruči na tancování, z které je vyrobena. A dále vlastní elektroniky přijímače, umístěné v krabičce společně s baterií. Nejprve cívku držíme na vodorovno a hledáme signál (pípání z podzemí). V oblasti kde začneme slyšet pípání cívku otočíme o 90 stupňů na stojato. Cívkou otáčíme na různé

směry a hledáme ticho. V tomto směru se nachází bod na povrchu zaměřované jeskyně. V pomyslném průsečnicku směru se nachází hledaný bod. V tomto bodě pokud je pod cívkou můžeme točit na libovolnou stranu a neměli bychom slyšet pípání. Když cívku položíme na ležato na zem. Na displeji můžeme odečíst hloubku (vzdálenost od vysílače). Přesný popis hledání bodu na povrchu je v následující kapitole.



Zaměřování jeskyně pomocí radiomajáku

Následující text popisuje postup zaměřování pomocí radiomajáku:

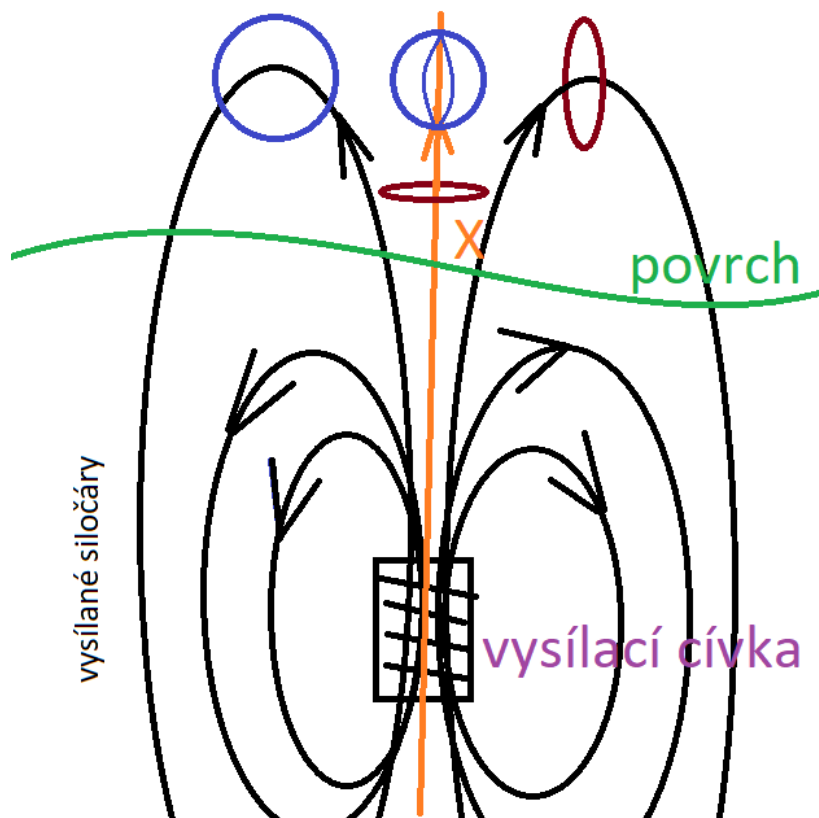


- 1) Umístíme vysílací cívku v jeskyni. Je nutné ji zavěsit (umístit), aby směřovala co nejkolměji k povrchu. Připojíme ji na vysílač a napájení. Podle blikání led vidíme, že probíhá vysílání "pípání" na povrch. Díky mírnému chvění závitů cívky lze i akusticky slyšet, že cívka vysílá.



- 2) na povrchu hledáme přijímačem místo kdy uslyšíme pípání
- 3) Jakmile uslyšíme pípání otáčením antény se mění intenzita signálu. Pokud je anténa na obrázku otočená v "zelené" ose slyšíme ticho. Pokud ji otočíme o 90 stupňů do "červené" osy slyšíme maximální intenzitu pípání. Tím zjistíme směr osy **A**.
- 4) Popojdeme bokem - například do bodu **B**. Opětovným otáčením antény najdeme nejslabší signál pípání a tím směr osy **B**. Při hledání si můžeme pomoci přepínáním na přijímači citlivostí pomocí tlačítek NAHORU a DOLŮ.
- 5) Obdobně by jsme si mohli stoupnout do bodu **C** a opět naleznout směr "zelené" osy **C**
- 6) V pomyslném průsečíku všech os se nachází bod **X**. Pod bodem **X** je vysílací cívka. Když chceme bod **X** dohledet přesně, tak v bodě **X** můžeme točit přijímací anténou do jakéhokoliv směru a pořád slyšíme ticho - bez pípání. Pokud posuneme anténu do prava/leva začneme slyšet pípání.
- 7) Když položíme v bodě **X** přijímací anténu na zem a držíme ji vodorovně s povrchem (pozor na sklon terénu), tak slyšíme maximální pípání a hodnota **h** na hloubkoměru ukazuje vzdálenost/hloubku k vysílací cívce. Pokud je signál přebuzený nebo slabý změnou citlivosti můžeme změnit intenzitu přijímaného signálu.

Poznámka: Na následujícím obrázku vidíme princip radiomajáku. Z vysílací cívky vystupují siločáry a ty hledáme přijímací anténou (cívkou) - znázorněno na obrázku jako červené a modré kruhy. Pokud je přijímací anténa orientovaná k siločáram v "modrém" směru pak se do antény nic neindukuje a je "ticho". Pokud je anténa orientovaná "červeně" pak siločáry prochází zkrz cívku antény a naindukuje se maximální signál (maximální pípání). Pokud bychom vysílací cívku naklonili například do prava tak by se hledaný bod X posunul taky do prava a nezaměřili by jsme jeskyň přesně.

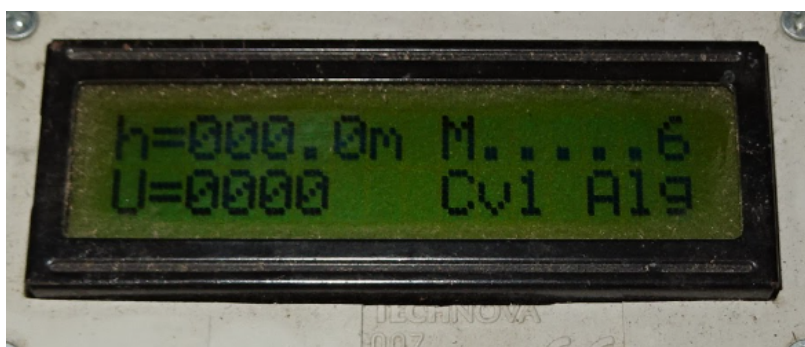


Popis menu přijímače



Popis displeje:

- h - naměřená hloubka v m
- M.....6 - výběr zesílení (A automatika, M manuální, 1-6 citlivost)
přepínáme pomocí tlačítek nahoru/dolů
- U - naměřené napětí (slouží pro orientaci přebuzení a síly signálu)
- Cv1 - vybraná cívka (Cv1 - Cv6)
- Alg - vybraný výpočet hloubky (zde vybrán algoritmus)



Pokud stiskneme tlačítko OK dostaneme se do MENU. V MENU můžeme vybrat 7 možností:

6 PRŮMĚROVÁNÍ

Slouží k výpočtu průměrné hloubky. To znamená, že se dokola měří hloubka a počítá se z ní aritmetický průměr. Čím více měření, ze kterých se počítá průměrná hloubka, tím získáme přesnější hodnotu hloubky.



Pokud vybereme menu PRŮMĚRUJ pak zobrazí na displeji následující informace:

\bar{x} - že se zobrazuje průměr

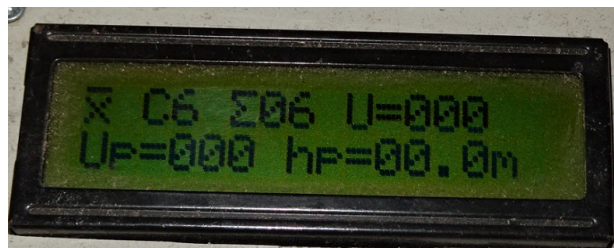
C6 - je citlivost 1-6

$\Sigma 01$ - počet vzorků z kterých se počítá průměr

U - naměřené napětí

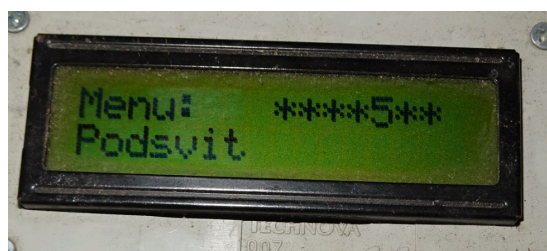
Up - průměrné napětí

hp - zprůměrovaná hloubka



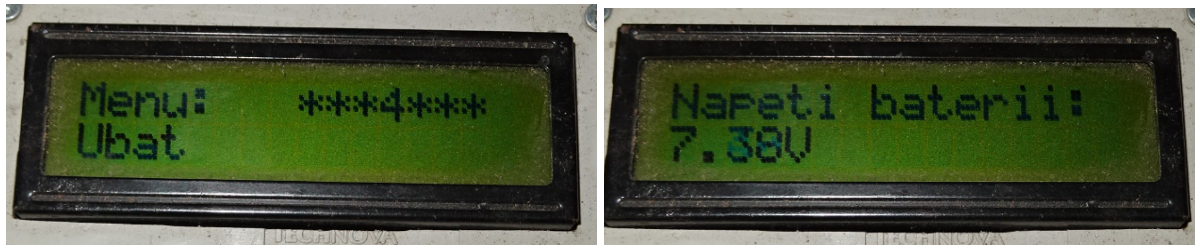
5 PODSVÍCENÍ

Nastavuje zda má být displej podsvícení. Vybíráme ANO/NE/AUTO. AUTO znamená že po stisku tlačítka je displej pár vteřin podsvícen pak automaticky zhasne.



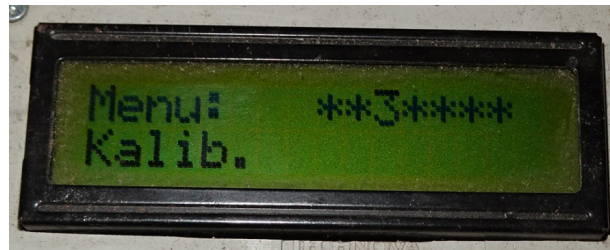
4 NAPĚTÍ BATERIE

Zobrazí se napětí baterie

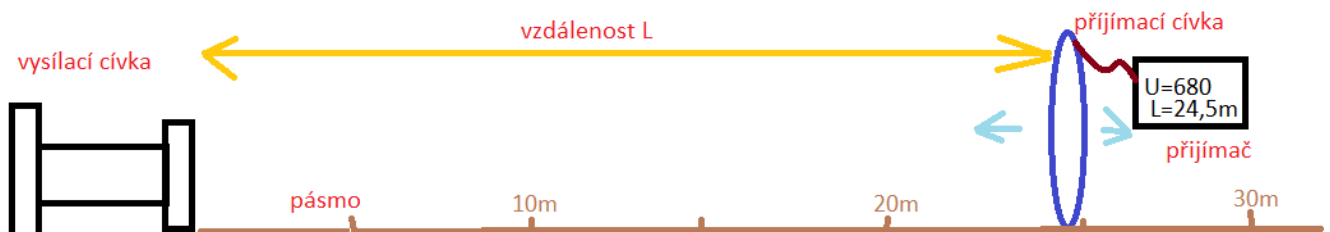


3 KALIBRACE

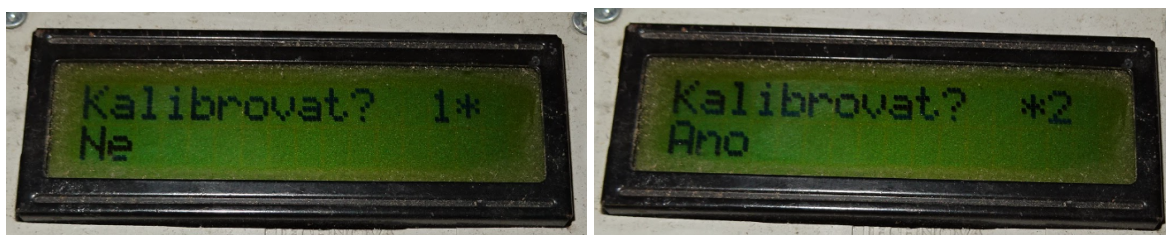
Zkalibruje hloubkoměr. To znamená, že proběhne kalibrace měření hloubky vysílače. Kalibrace se může provést až pro 6 různých vysílacích cívek (C1 - C6).



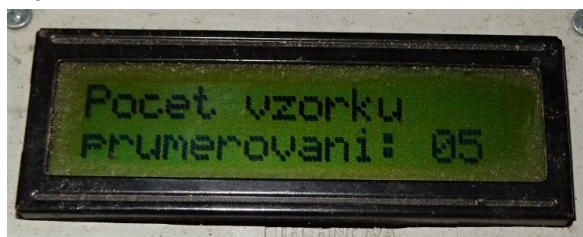
- 1) Vysílací cívku s vysílačem položíme na ležato na zem a zapneme. Natáhneme pásmo ve směru osy vysílací cívky. Čím bude vše vodorovnější a budeme se pohybovat přesně v ose, tím bude kalibrace přesnější. Přijímací cívku s přijímačem budeme mít vodorovně s vysílací cívkou a budeme se přibližovat a oddalovat v ose vysílací cívky podle následujícího návodu budeme hledat intenzitu vysílaného signálu a k tomu do přijímače nastavovat z měřicího pásma vzdálenosti mezi oběma cívkami.



- 2) Vybereme v MENU kalibraci
- 3) Nejprve se přijímač dotáže zda opravdu chceme kalibrovat hloubkoměr



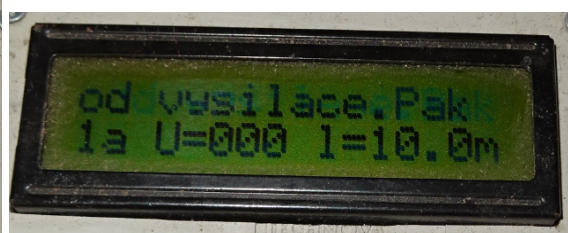
- 4) Následně zadáme počet průměrů (měření), které při kalibraci provádíme. Čím více tím to bude přesnější, ale zato déle trvat.



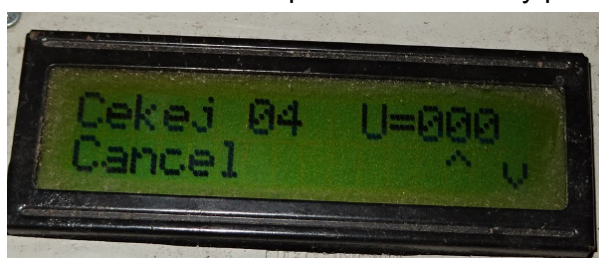
- 5) Nyní natočíme vysílací anténu vodorovně s přijímací a sledujeme velikost napětí U . Přibližováním nebo vzdalováním se od vysílací antény se velikost napětí U mění. Na displeji běží návod v horním řádku co máme dělat. Najdeme takovou vzdálenost (bod A), kdy je hodnota U mezi 600-750.



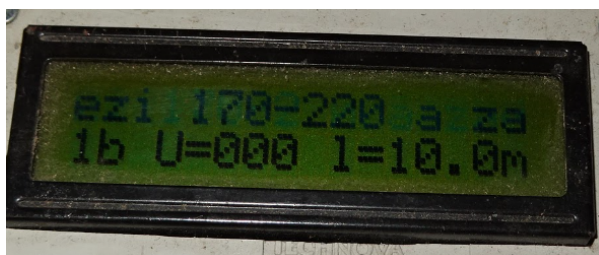
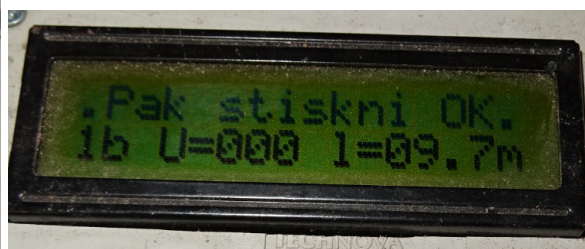
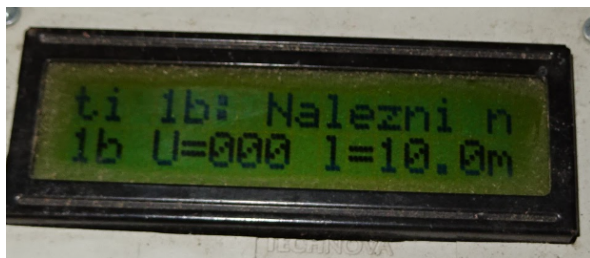
- 6) Pak šipkami nahoru a dolů nastavíme vzdálenost l od vysílače.



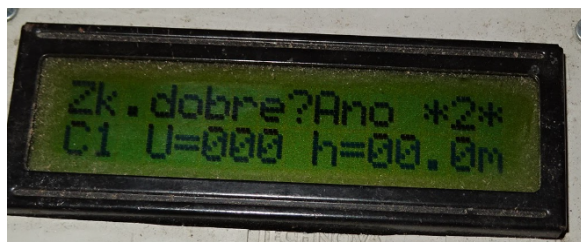
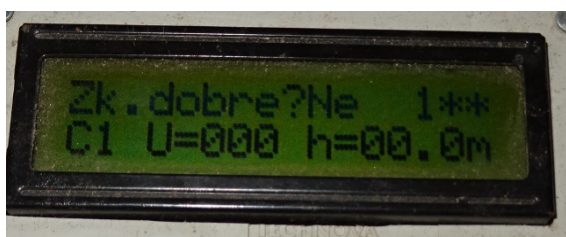
- 7) Potvrdíme OK a čekáme dokud se neprovede nastavený počet měření.



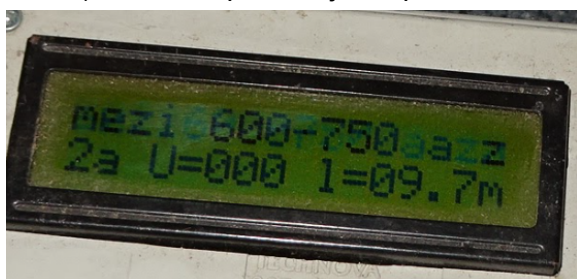
- 8) Následně obdobně jako v bodě 3 najdeme napětí mezi 170-220 (bod B) šipkami zadáme vzdálenost od vysílače a potvrdíme OK a čekáme dokud neproběhnou měření.



- 9) Vypočítá se kalibrace pro citlivost C1. Na displeji vidíme kontrolní informace. h značí vzdálenost od vysílače. Pokud je h vpořádku, potom můžeme vybrat ANO pokud chceme měřit znova pak NE a pokud chceme přeskočit na jinou citlivost bez ukládání pak vybereme NEUKLÁDAT.



- 10) Obdobně pokračujeme pro citlivost 2



11) citlivost 3....

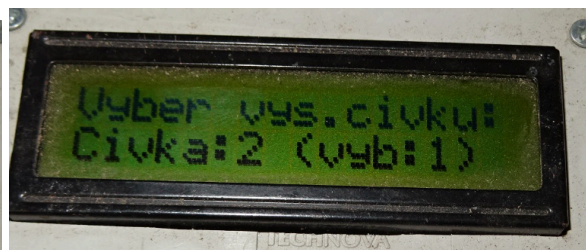
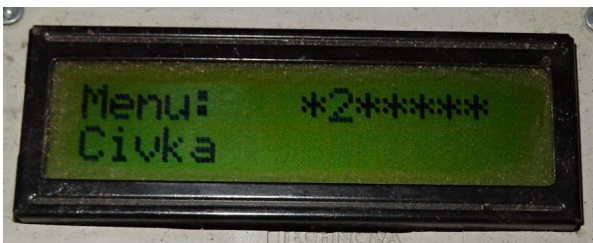


12) Až citlivost 6. S tím že každou citlivost můžeme uložit, ale nemusíme a můžeme pokračovat na kalibraci jiné citlivosti. Po změření citlivosti 6 je kalibrace ukončena.



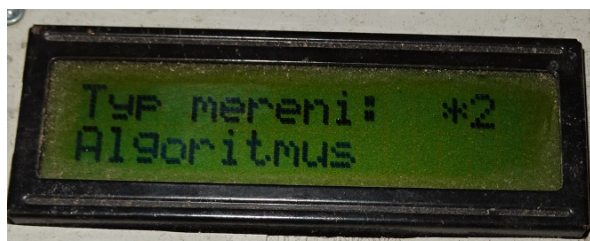
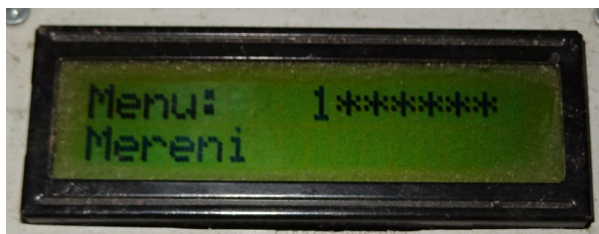
2 VÝBĚR MĚŘICÍ CÍVKY

Vybere se, která vysílací cívka (C1 - C6) je připojena na vysílač. Slouží k tomu, aby přijímač věděl, podle které kalibrace počítat hloubku. Nezapomenout při používání více vysílacích cívek vždy přepnout na správnou cívku, z které právě vysíláme.



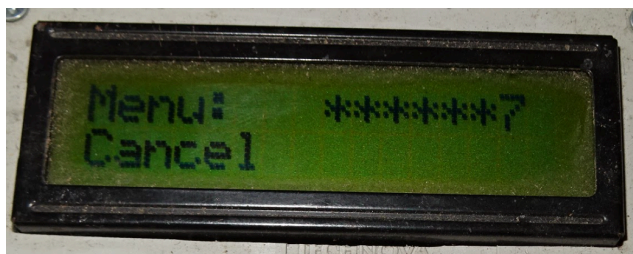
1 MĚŘENÍ

Výběr algoritmu měření. Lze vybrat ze dvou typů: Průměr / Algoritmus. Pro klasické přerušované pípání je vhodné použít typ měření ALGORITMUS. Pro nepřerušovaný tón je potřeba mít zapnutý typ měření PRŮMĚR. Aby fungovalo správně měření hloubky je potřeba mít vybraný typ měření, na který jsme kalibrovali cívku. Typ měření ALGORITMUS by měl být více odolný vůči rušení.



7 CANCEL

Skok zpět do hlavního menu, které je zapnuté na přístroji po spuštění. Slouží pro měření hloubky a přepínání citlivosti přijímače.



Seznam součástek - přijímač

C1, C4, C9, C11, C19	10uF	kondenzátor RM 2,5mm	5 ks
C2, C3, C8, C13, C14, C15, C16	100nF	kondenzátor SMD 0805	7 ks
C5	12pF	kondenzátor SMD 0805	1 ks
C6	33pF	kondenzátor SMD 0805	1 ks
C7	2200uF/16V	kondenzátor RM 5mm	1 ks
C10, C12	100uF	kondenzátor RM 2,5mm	2 ks

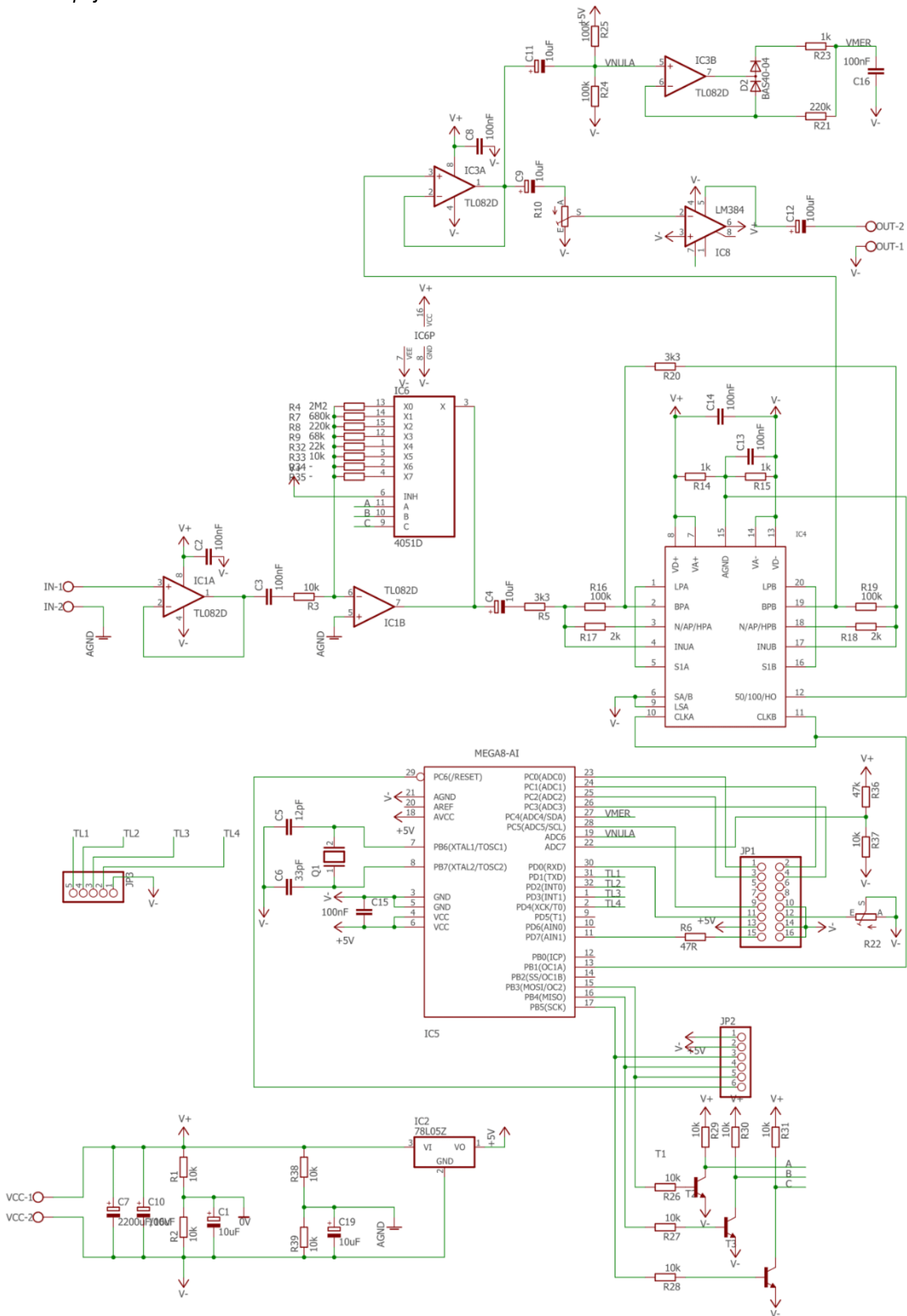
R1, R2, R3, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R33, R37, R38, R39	10k	rezistor SMD 0805	13 ks
R4	2M2	rezistor SMD 0805	1 ks
R5, R20	3k3	rezistor SMD 0805	2 ks
R6	47R	klasický rezistor 0207	1 ks
R7	680k	rezistor SMD 0805	1 ks
R8, R21	220k	rezistor SMD 0805	2 ks
R9	68k		1 ks
R10 (zesilování - volume)	10k	trimtr / potenciometr	1 ks
R14, R15, R23	1k	rezistor SMD 0805	3 ks
R16, R19, R24, R25	100k	rezistor SMD 0805	4 ks
R17, R18	2k	rezistor SMD 0805	2 ks
R22	10k	trimr CA6V	1 ks
R32	22k	rezistor SMD 0805	1 ks
R34, R35	-	neosazen	2 ks
R36	47k	rezistor SMD 0805	1 ks
T1, T2, T3	BC817-40	tranzistor NPN SOT23	3 ks
Q1	6MHz	krystal nízký	1 ks
JP1 (pro LCD displej)	2X8	piny 2x8 + protikus	1 ks
JP2 (programování MCU)	1X6	piny 1x6 + protikus	1 ks
JP3 (tlačítka)	1X5	piny 1x5 + protikus	1 ks
D2	BAS40	schottkyho dioda	1 ks
IC1, IC3	TL082D	operační zes. SMD SO08	2 ks
IC2	78L05	stabilizátor +5V	1 ks
IC4	LTC1060DIL	DIL20 digitální filtr	1 ks
IC5	ATMega8	MCU ATMega8 SMD	1 ks
IC6	4051D	multiplexor SMD	1 ks

IC8	LM384	DIL08 zesilovač	1 ks
IN, OUT, VCC		ARK svorkovnice 2 piny	3 ks
Vypínač			1 ks
JACK 3,5			1 ks
Cinch samec + samice		pro přijímací anténu	1 ks
Piezoelement			1 ks
plochý kabel			1 ks
stíněný káblík			1 ks
tlačítka			3 ks
LCD display	1602		1 ks

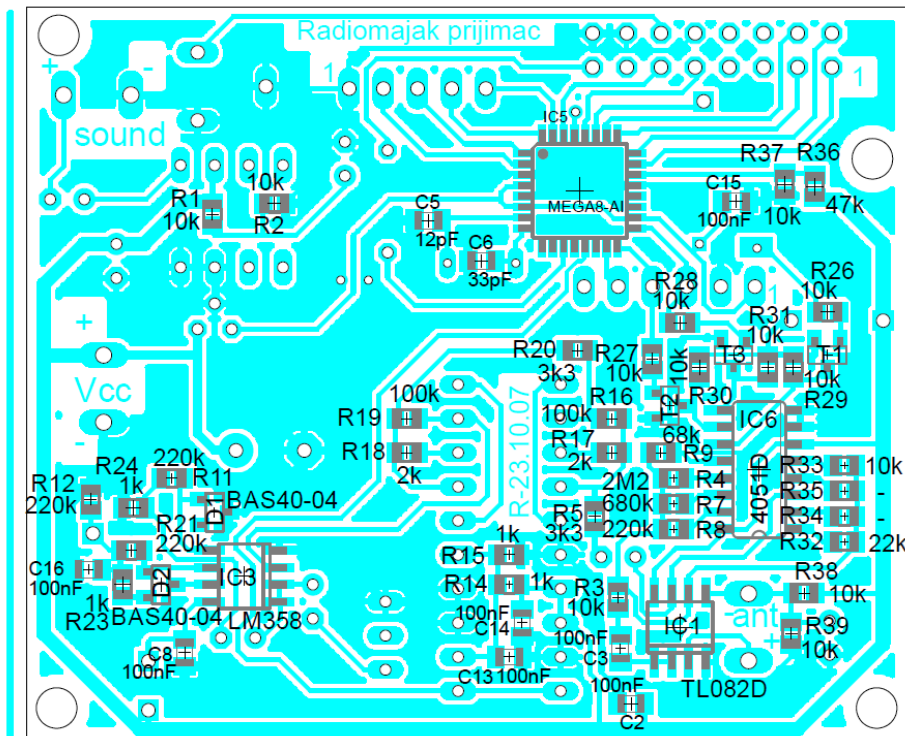
Seznam součástek - vysílač

C1, C2	22pF	kondenzátor SMD 0805	2 ks
C3, C4	100nF	kondenzátor SMD 0805	2 ks
C5	220uF/16V	kondenzátor RM 2,5mm	1 ks
R1	4k7	rezistor SMD 0805	1 ks
Q1	6MHz	krystal nízký	1 ks
IC1	ATTINY12	MCU ATTiny12, 13, 25, 45, 85	1 ks
IC2	78L05	Stabilizátor +5V	1 ks
Q2	IRF540	Tranzistor MOSFET N	1 ks
LED1	jantarová	LED 3mm	1 ks
D1	SB5100	schottkyho dioda	1 ks
S2	TM070	tlačítko	1 ks
JP1	1 x 4 pin	piny programování MCU	1 ks
ANT, NAPAJENI		ARK svorkovnice 2 piny	2 ks

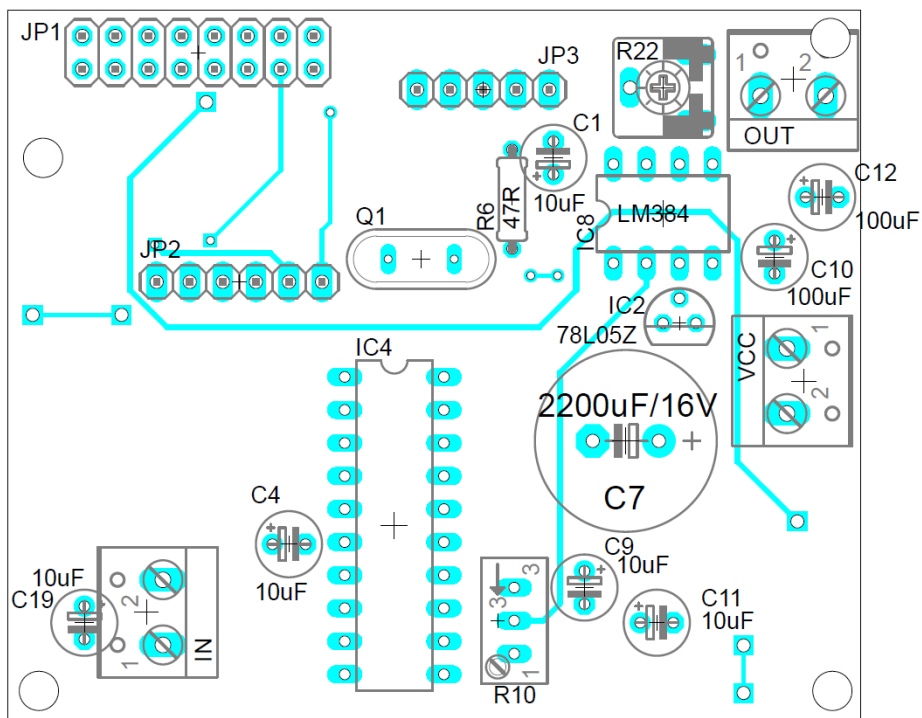
Schéma přijímač



Rozmístění součástek přijímač strana BOTTON



Rozmístění součástek přijímač strana TOP



Cívky

Jak přijímací tak i vysílací cívka musí mít k sobě připojený paralelně kondenzátor, aby byl obvod v rezonanci. Nezapomínejme, že na vysílací cívce je v rezonanci daleko vyšší napětí než napájecích 12V (třeba 65V), proto volit svitkové kondenzátory co snesou i vyšší napětí. Hodnota kondenzátoru je dána Thomsonovým vztahem:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

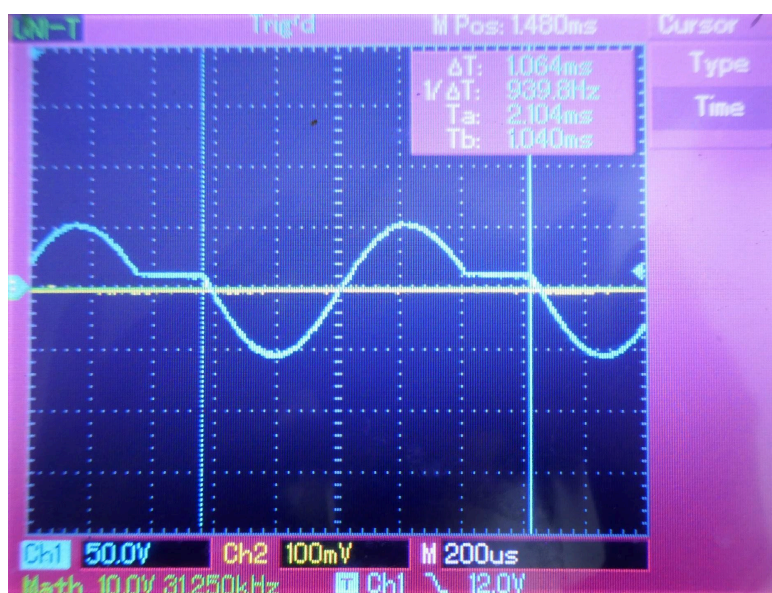
Pro náš případ bude vzorec upraven následovně: $C = \frac{\left(\frac{1}{2\pi f}\right)^2}{L} = \frac{2,882 \cdot 10^{-8}}{L}$

kde: f [Hz] = vysílací frekvence = 937,5Hz

L [H] = změřená indukčnost námi navinuté cívky

C [F] = vypočtená rezonanční kapacita paralelního kondenzátoru k cívce

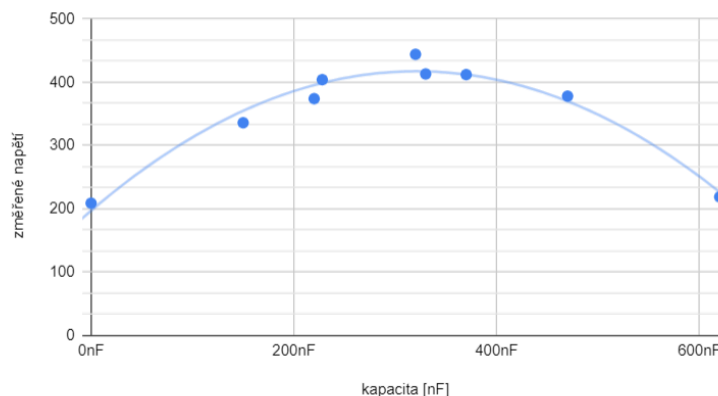
V praxi, ale průběh není čistá sinusovka viz. následující obrázek, proto vypočtená kapacita bude ve skutečnosti nižší! Přesnou hodnotu kapacity zjistíme pokusně zkoušením připojování různých hodnot kondenzátorů a hledáním maximálního průběhu napětí na vysílací cívce a maximálního příjmu na přijímací cívce. Pro hledání je nejlepší použít osciloskop, nebo pokud přepneme přijímač na průměrovací měření (MENU->1 MĚŘENÍ->1 PRŮMĚR). Vysílač nastavíme na nepřerušované vysílání tónu bez pomlky. Na hlavní obrazovce můžeme odečítat hodnotu napětí. Nesmíme zapomenout nastavit přijímací cívku vůči vysílací kolmo tak, aby byl signál dostatečně utlumený a na přijímači jsme neměřili přebuzené napětí U (blížíme se k maximálnímu napětí 1024). Dále během zkoušení kondenzátorů nesmíme pohnout ani z jednou anténou, proto je vhodné kondenzátory připojovat například přes krokodýlky. Doporučuji nějakou minimální kapacitu mít stále připájenou paralelně k cívce, kvůli napětovým špičkám, které mohou vzniknout při odpojování cívky. Po dokončení hledání kondenzátoru nezapomeňte přepnout na Algoritmické měření (MENU->1 MĚŘENÍ->2 ALGORITMUS)



Průběh napětí na vysílací cívce (rovná část je sepnutí tranzistoru)

kombinace	C [nF]	napětí
150nF+220nF	370nF	412
470nF	470nF	378
150nF+470nF	620nF	219
0nF	0nF	209
150nF	150nF	336
220nF	220nF	374
100nF+220nF	320nF	444
330nF	330nF	413
220nF+68nF	288nF	404

Závislost změřeného napětí na použité kapacitě



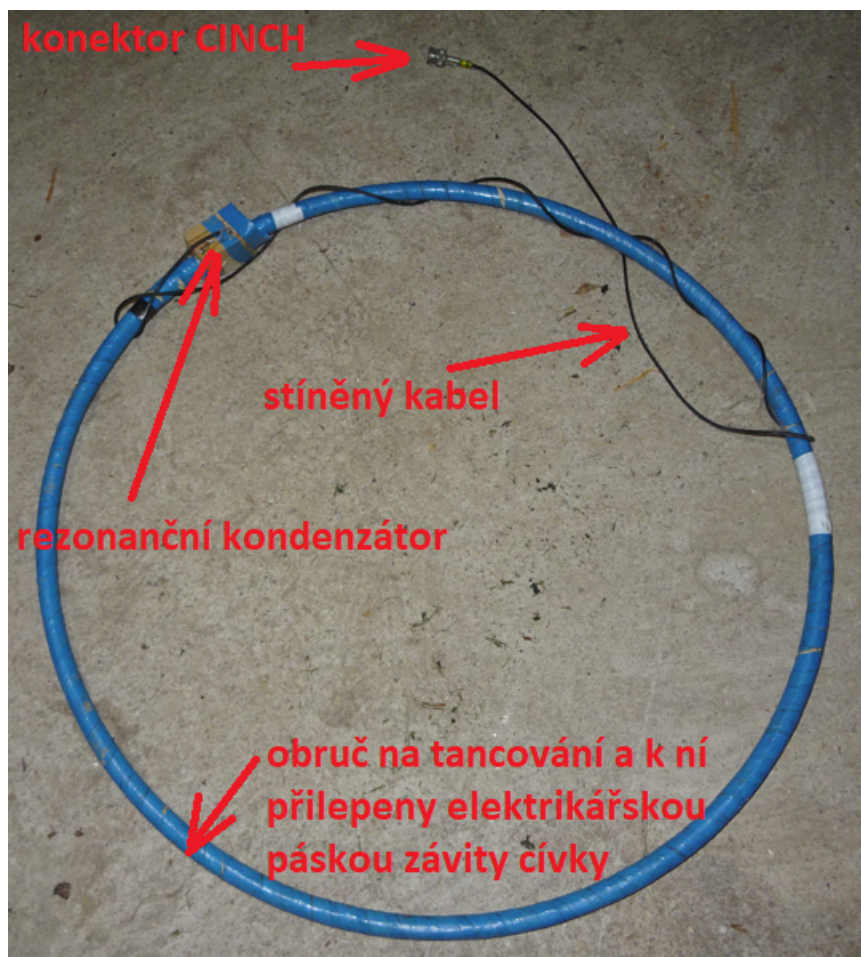
Hledání vhodného kondenzátoru. Změřené napětí pro různé paralelní kondenzátory připojené k přijímací cívce. Vybráno 320nF (100nF+220nF). Pro tuto paralelní kombinaci změřeno napětí 444.

Příklad mechanické konstrukce

Mechanická konstrukce je na každém výrobci. Já zvolil umístění DPS vysílače do plastové krabičky od blikáče na kolo a přijímač jsem umístil do krabičky Scame 120x80x50mm.

Přijímací cívka

Cca 200 závitů drátu průměru 0,2 mm namotáno na obruči pro břišní tanec.
 změřená indukčnost 66,8mH (parazitní odpor 192,7Ω)
 skutečný rezonanční kondenzátor připojený k anténě 320nF (vypočítaná rezonance 431nF)
 průměr obruče 60cm



Vysílací cívka

změřená indukčnost 1,64mH (parazitní odpor 2,8 Ω)

skutečný rezonanční kondenzátor připojený k vysílací cívce 7x1 μ F/160V (vypočítaná rezonance 17,5 μ F)

špulka průměr 20 cm x výška 20 cm (13 cm průměr vinutí)

odhadnutý počet závitů cca 150 (vypočítaný z indukčnosti)

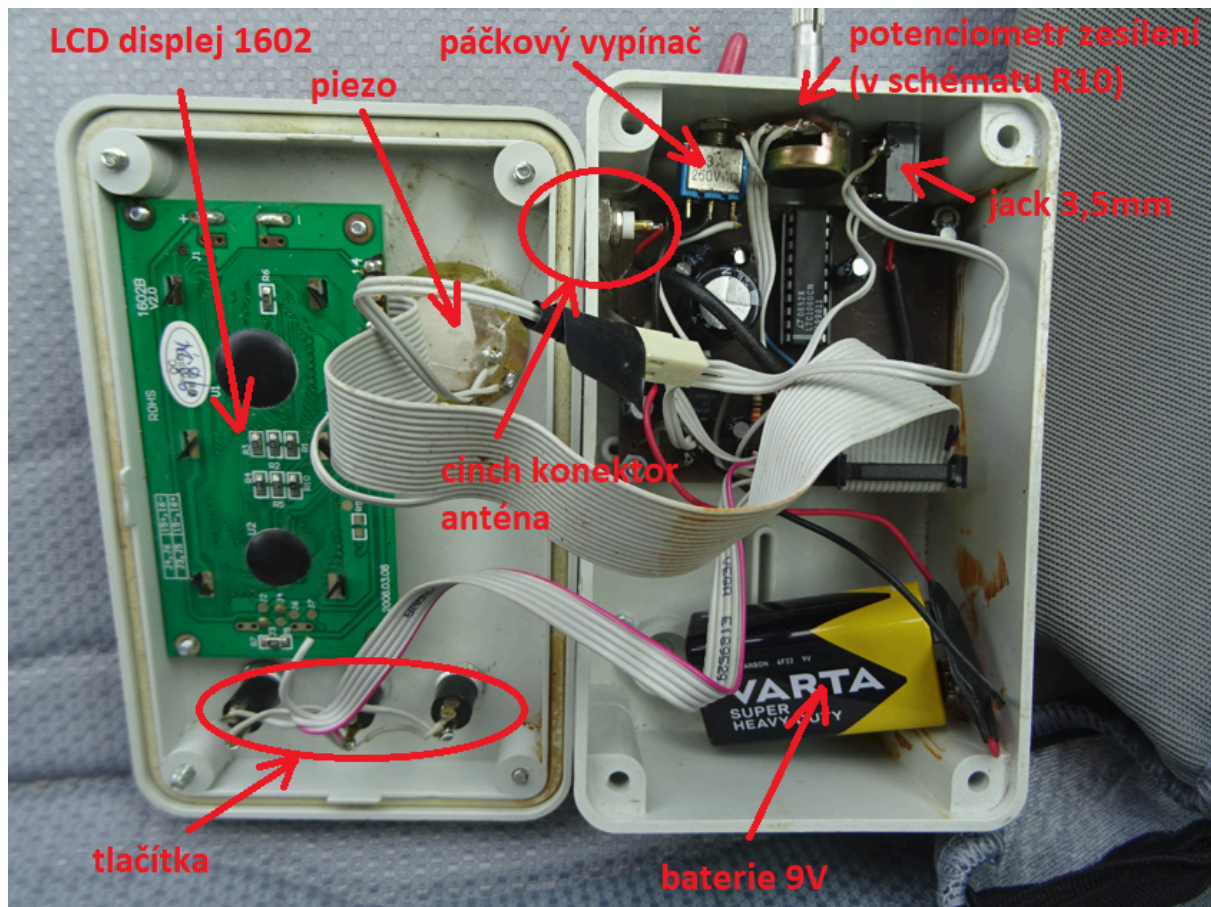
odhadovaná délka drátu cca 60m (odhadnuto z počtu závitů)



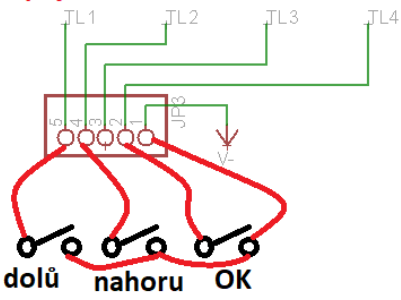
Poznámka

Dále můžeme vytvořit i jiné vysílací cívky, čím větší průměr tím větší dosah. Jsme omezeni pouze konstrukcí a rozměry cívek. Pro každou cívku nezapomenout použít vhodnou paralelní kapacitu.

Přijímač - umístění v krabičce



zapojení tlačítek



Zapojení tlačítek u přijímače

Vysílač - umístění v krabičce

