

# Vibrační signalizace

Ing. Ivo Stražil

Článek popisuje jednoduché bezdrátové pojítko, které na pokyn tlačítka kapesního ovladače spustí vibrační motorek v přijímači nošeném na zápěstí. Ovladač je vybaven pěti tlačítky a může tak ovládat nezávisle až pět přijímačů. Například v současnosti je pojítko využíváno pro diskrétní upozornění bezpečnostní služby na podezřelou osobu.

## Přijímač vibrační signalizace

### Technické parametry

Napájecí napětí pro dobíjení: 5 V.  
Odběr proudu dobíjení: 0,1 A.  
Pracovní frekvence, modulace: 869,5 MHz; FSK.  
Rozměry: 52 x 32 x 15 mm.  
Provozní teplota: 10 až 40 °C.

### Popis zapojení

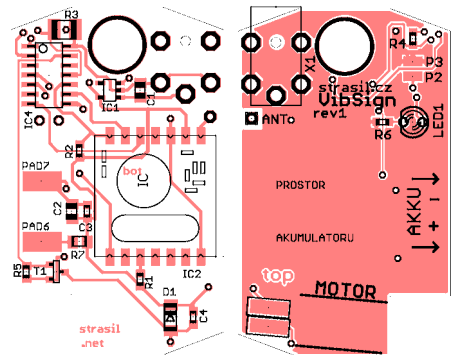
Srdcem přijímače vibrační signalizace je radiomodul HopeRF RFM01 (IC2 na obr. 1), který obsahuje kompletní přijímač signálu digitální modulace FSK v pásmu 868 MHz. RFM01 zachycený signál demoduluje, vyhledá synchronizační sekvenci a po jejím příjmu zapisuje přijatá data do svého vnitřního bufferu. Přijatá data z modulu přečte mikrokontrolér ATtiny24 (IC4).

Radiový protokol užívá šestibajtové pakety přenášené rychlostí 4800 b/s se zdvihem modulace 90 kHz. První čtyři bajty tvoří synchronizační sekvence 0x2DD43031. Následuje jeden bajt dat, udávající ve formě bitového pole adresy přijímačů, které mají vib-

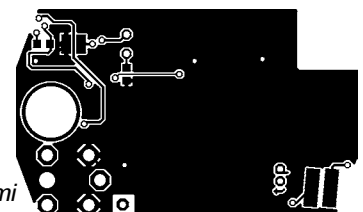
rovat, a bajt kontrolního součtu. Před vysláním paketu musí být zařazena sekvence s vyváženým poměrem jedniček a nul o délce minimálně 24 bitů; používá se vysílání řady bajtů 0xAA.

Mikrokontrolér IC4 tedy po příjmu paketu vyhodnotí, je-li kontrolní součet paketu v pořádku. Pokud ano, je paket považován za platný a v případě, že je v datovém bajtu jednička na pozici bitu odpovídající adrese přijímače, zapsané v EEPROM IC4, přepne mikrokontrolér svůj výstup PA0 do log. 1 a tím přes tranzistor T1 přivede napětí na vibrační motorek.

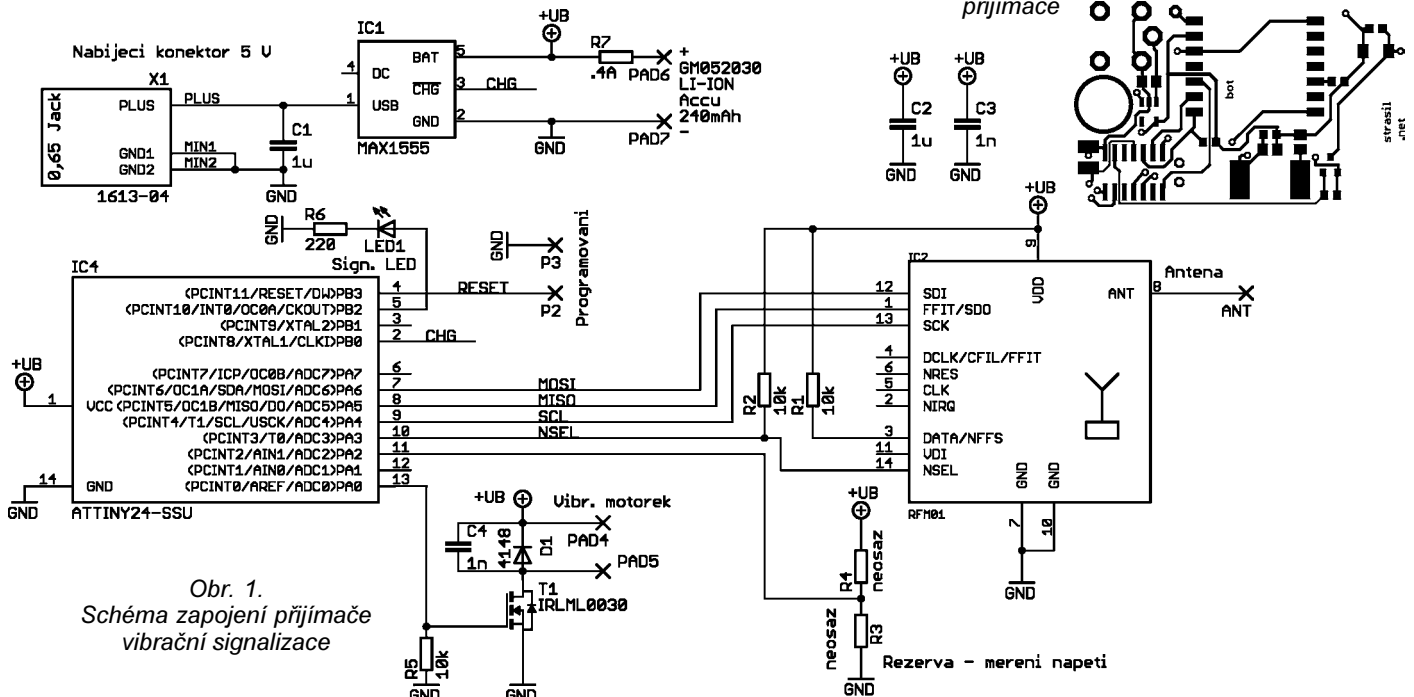
Celý vibrační přijímač je napájen z miniaturního Li-Ion článku Powerstream GM052030 o kapacitě 240 mAh a jmenovitém napětí 3,6 V. Klidová spotřeba radiomodulu a mikrokontroléru se pohybuje okolo 15 mA, na jedno nabití by tedy bylo možné provozovat zařízení přibližně 16 hodin. Pro prodloužení délky provozu na jedno nabití je radiomodul po pěti sekundách bez příjmu signálu přepnut do úsporného režimu a probouzen jen na 100 ms každou sekundu. Stejně tak je mikrokontrolér periodicky přepínán do úsporného režimu. Tato opatření dovolují snížit klidovou spotřebu zařízení na hodnotu menší než



Obr. 3. Rozmístění součástek



Obr. 2. Deska s plošnými spoji přijímače



Obr. 1. Schéma zapojení přijímače vibrační signalizace



Obr. 4. Fotografie přijímače

1,5 mA (160 hodin provozu). Po vybití článku se mikrokontrolér spolu s radiomodulem trvale uspává a spotřeba klesá na desítky mikroampér.

Nabíjení článku zajišťuje integrovaný lineární dobíječ MAX1555 (IC1). Tento obvod obsahuje v pouzdru SOT23-5 nabíječ s U/I charakteristikou a teplotní pojistkou. Nabíjecí proud je pevně nastaven na 100 mA, užijeme-li pro napájení vstup USB obvodu, nebo na 280 mA, napájíme-li obvod vývodem DC. Signalizační výstup obvodu /CHG je přiveden na vstupní bránu IC4 a umožňuje mikrokontroléru signalizovat probíhající dobíjení. Vratná pojistka R7 chrání obvody přijímače a nabíjecí článek před poškozením v případě zkratu.

Nabíječku - přesněji řečeno síťový zdroj s výstupním napětím 5 V - při-

pojeme do konektoru X1. Použitý konektor je kompatibilní s nabíječkami pro mobilní telefony Nokia s výstupním napětím 5 V.

Během dobíjení bliká dioda LED1 pomalu; je-li přijímač v dosahu signálu aktivního ovladače, bliká dioda LED1 rychle v rytmu příjmu paketů. Dioda LED je zhasnutá, není-li přijímán žádný signál. Trvalý svit LED1 signalizuje přítomnost signálu ovladače a současně vybitý napájecí článek.

Na desce s plošnými spoji je dále připraveno dvou vodičové rozhraní „DebugWire“ pro programování a ladění programu IC4 (plošky P2, P3) a pozice pro odporový dělič R3/R4, který měl původně sloužit pro měření napětí článku a zjišťování podpětí, ale jeho funkci zastal výhodně komparátor integrovaný v radiomodulem IC2.

## Konstrukce

Přijímač je vestavěn v krabičce OKW Minitec B9002128 v barvě „lágová šedá“ se žlutým dekoračním těsněním. Krabička je uzpůsobena k nošení na zápěstí s užitím pásky suchého zipu, provlečeného oušky dekoračního těsnění krabičky. V boční stěně krabičky je vyopilován otvor pro konektor nabíjení; v čelní stěně je vyvrtán otvor pro diodu LED.

Všechny elektronické součástky jsou umístěny na oboustranné desce (obr. 2, 3). Použitý vibrační motorek

je dostupný jako náhradní díl pro mobilní telefony Nokia 3100. Motorek přilepíme epoxidovým lepidlem na desku ze strany součástek do plochy označené potiskem „MOTOR“ a připájíme jeho výhody na přilehlé pájecí plošky.

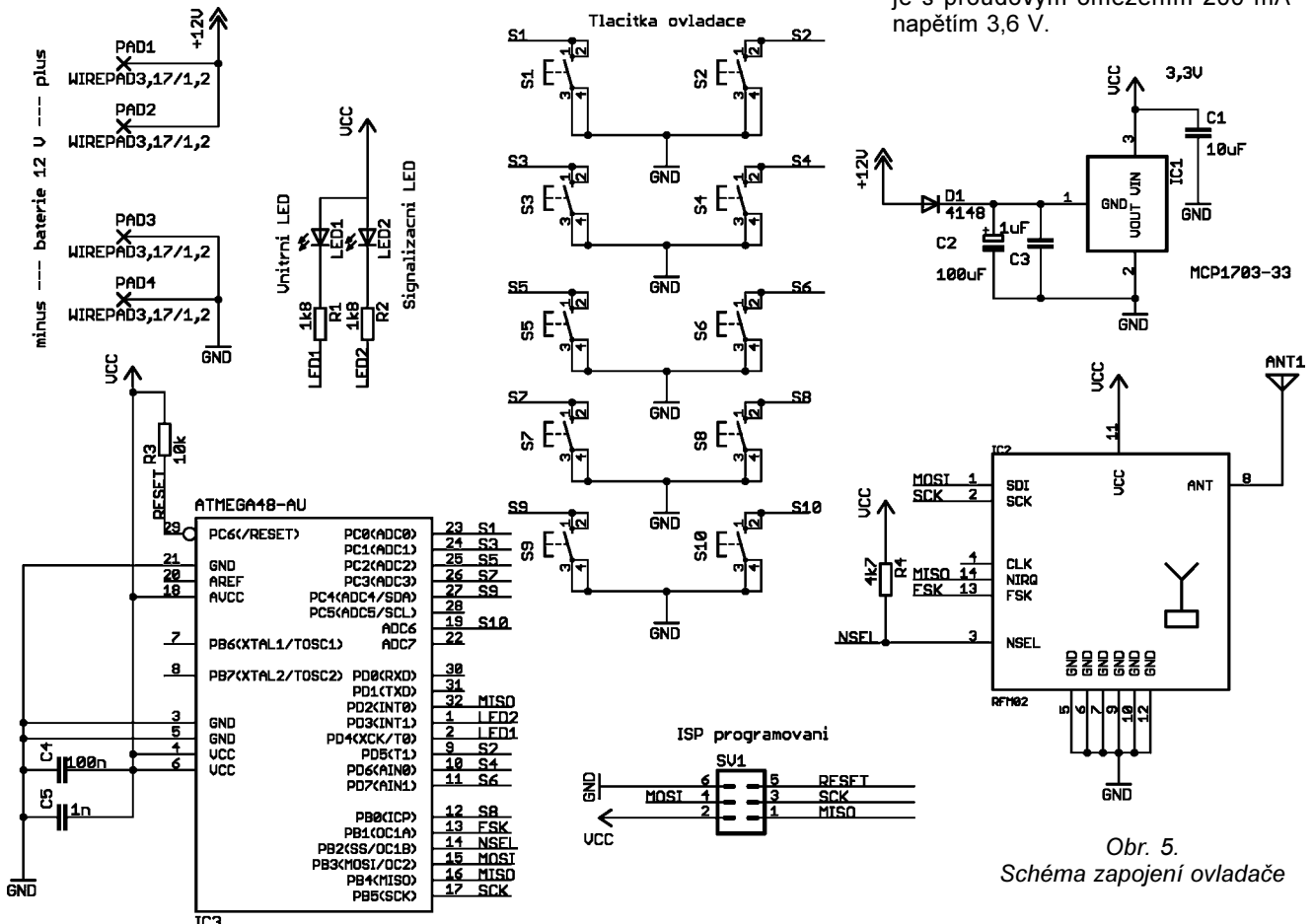
Li-Ion akumulátor přilepíme oboustrannou lepicí páskou na desku ze strany součástek do prostoru označeného „PROSTOR AKUMULÁTORU“. Pájecí vývody akumulátoru ohneme kolem okraje desky a zapájíme na připravené pájecí plošky na straně spojů.

Do pájecího bodu ANT můžeme zapájet drátovou anténu, kterou stočíme při víku krabičky. Vhodnou délku antény je nejlepší ověřit experimentálně, autor použil přibližně 4 cm drátu.

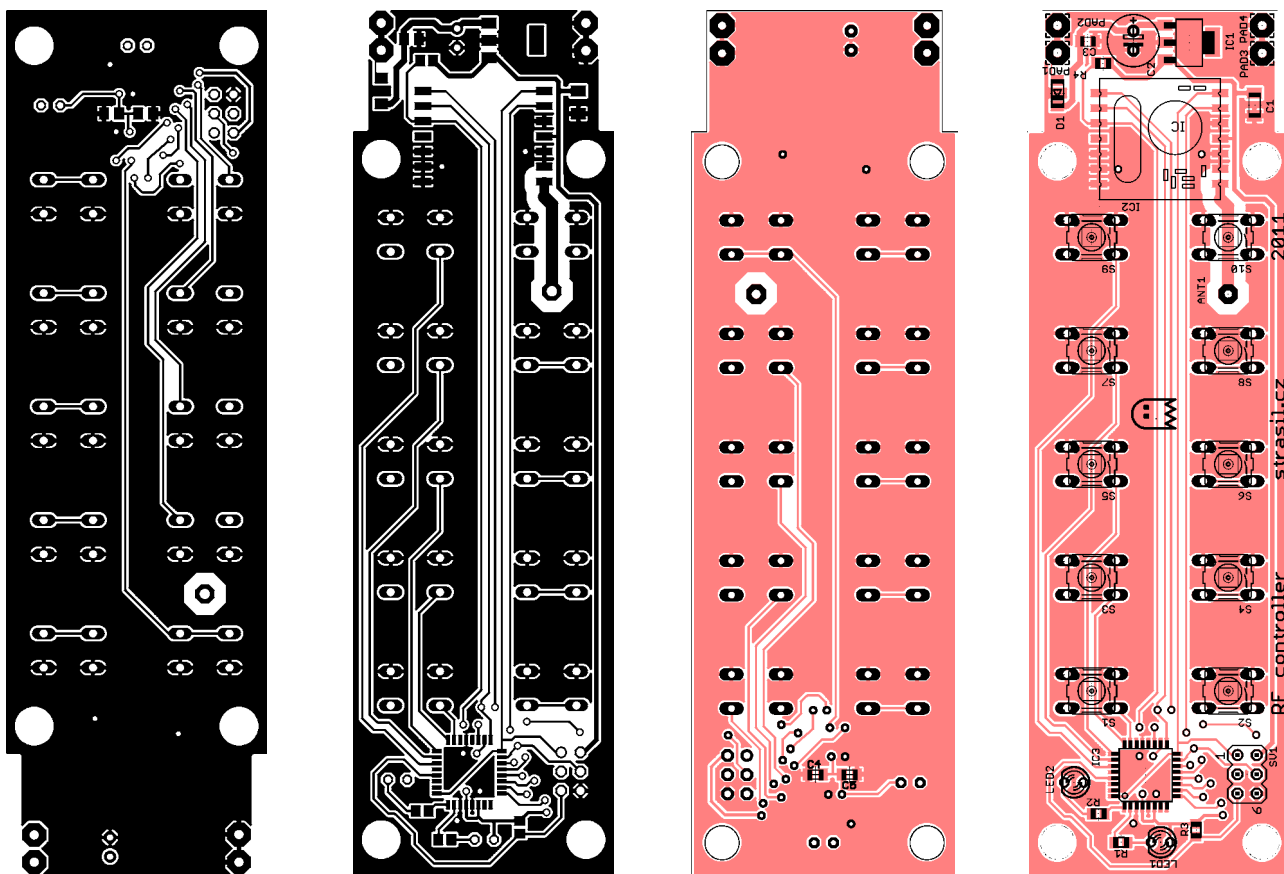
## Oživení

Oživení přijímače je jednoduché. Použitý mikrokontrolér buď nejprve naprogramujeme a nastavíme adresu přijímače, nebo zapneme pomocí programátoru jeho rozhraní DebugWire, abychom mohli ladit program v mikrokontroléru osazeném na desce prostřednictvím plošek P2 a P3. Příslušné podklady jsou volně ke stažení na stránkách autora. S korektně naprogramovaným mikrokontrolérem pracuje přijímač na první zapojení.

Během prvních pokusů doporučuji napájet přijímač z laboratorního zdroje s proudovým omezením 200 mA napětím 3,6 V.



Obr. 5. Schéma zapojení ovladače



Obr. 6. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek ovladače

### Seznam součástek

R1, R2, R5	10 k $\Omega$ , SMD, 0603
R3, R4	neosazeno
R6	220 $\Omega$ , SMD, 0603
R7	polyswitch 0,4 A
C1, C2	1 $\mu$ F/16 V, X7R, SMD, 0805
C3, C4	1 nF, NP0, SMD, 0603
D1	LL4148
IC1	MAX1555
IC2	RFM01
IC4	ATTINY24-SSU
LED1	LED, 3 mm, červená
T1	IRLML0030
X1	Lumberg 1613-04
Vibrační motorek pro MT Nokia 3100	
Li-Ion akumulátor GM052030	
Krabíčka OKW Minitec B9002128	

### Kapesní ovladač

Druhým dílem sestavy vibrační signalizace je kapesní ovladač, schopný ovládat až pět přijímačů vibrační signalizace současně. Přijímače vibrují po dobu stisku tlačítka ovladače. Současným stiskem více tlačítek ovladače je možné současně aktivovat vibrace více přijímačů.

### Technické parametry

Napájecí napětí:	12 V (článek 23A).
Odběr proudu:	v klidu < 9 $\mu$ A, při vysílání 15 mA.
Provozní teplota:	0 až 50 $^{\circ}$ C.

Pracovní frekvence, modulace:

869,5 MHz, FSK.

### Popis zapojení

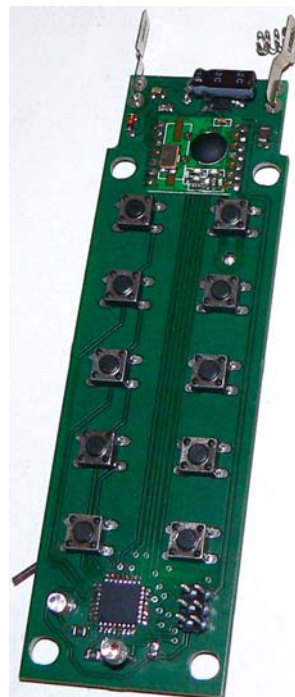
Kapesní ovladač užívá modul vysílače FSK v pásmu 868 MHz HopeRF RFM02 (IC2 na schématu na obr. 5). Výkon vysílače jsou 4 mW.

Mikrokontrolér ATmega48 (IC3) je taktován vnitřním RC oscilátorem na frekvenci 8 MHz. Po připojení napájecího napětí je radiomodul uveden mikrokontrolérem do stavu snížené spotřeby (stand-by se spotřebou 0,3  $\mu$ A); mikrokontrolér poté přechází do režimu „Power down“, kdy je jeho oscilátor zcela zastaven a jeho spotřeba klesá na přibližně 4  $\mu$ A.

V režimu „Power down“ IC3 jsou stále funkční přerušeni aktivovaná změnou stavu vývodu brány obvodu: ty využijeme pro „probuzení“ mikrokontroléru stiskem některého tlačítka. Na desce ovladače je osazeno celkem deset tlačítek, jednotlivě připojených k vybraným vývodům IC3. Tyto vývody IC3 mají aktivovány vnitřní „pull-up“ rezistory.

Po stisku tlačítka se tedy mikrokontrolér probudí, příkazem po sběrnici SPI aktivuje radiomodul IC2 a začne periodicky vysílat rádiové pakety, nesoucí informaci o stavu tlačítek. Během jedné sekundy se jednotlivé přijímače v dosahu „probudí“ a začnou reagovat na stisk odpovídajících tlačítek.

Po dobu stisku tlačítek a následujících 15 minut zůstává mikrokontrolér i radiomodul aktivní a periodicky vysílá. V případě, že jsou všechna tlačítka rozepnutá, vysílá se zpráva s příkazem, na který přijímače reagují zastavením vibrací. Přijímače však po tuto dobu, kdy přijímají tento příkaz, nepřejdou do úsporného režimu



Obr. 7. Fotografie osazené desky ovladače



# Páskové filtry jinak

Ing. Michal Černý

**V obvodech s frekvencemi nad 1 GHz se zcela běžně používají nejen mikropáskové filtry, ale v podstatě všechny pasivní prvky vytvořené obrazcem na plošném spoji, který se jen doplňuje SMD součástkami velikosti 0603 a 0402 s velmi malými parazitními parametry. Výhody jsou zřejmé, výborná reprodukovatelnost zapojení vycházející z kvalitního materiálu na podklad DPS a přesnosti při leptání spojů, vysoká jakost rezonančních obvodů, a především nízká výrobní cena.**

Proč používat tento přístup jen v případě vysokých frekvencí? Technický důvod k tomu není, problémem je spíše to, že rozměry plošných filtrů nebývají menší než  $\lambda/4$  a tedy při frekvenci třeba kolem 100 MHz již vycházejí příliš velké pro použití v přístrojích běžných rozměrů. Plošné spoje by navíc se pořádně prodražily a použití diskretních součástek nabízí dostupné a podstatně výhodnější řešení. Neznamená to však, že by tyto filtry, vzhledem k reálným rozměrům bychom asi měli říkat spíše „páskové“ než mikropáskové, použít nešly jako diskretní díly (moduly), nebo nemohly posloužit k demonstraci funkce přenesené do oblasti frekvencí, v níž jsou amatéři přece jen vybaveni měřicí technikou podstatně lépe, než v oblasti jednotek GHz.

Následující popis se nezabývá návrhem plošných obvodů, na to existuje řada programů, bez nichž se víceméně obejít nedá, ani teorií nutnou k výpočtu. Zaměříme se výhradně na

technologii rychlé a levné výroby těchto obvodů pro účely demonstrací nebo krátkodobého použití (odzkoušení), která sice neposkytuje takovou přesnost a kvalitu parametrů jako průmyslové postupy, ale za to ji lze realizovat s minimálními náklady během nejvýše několika desítek minut.

Základem pro standardní návrh plošných obvodů je znalost parametrů výchozího materiálu, tloušťky desky [mm], její relativní permitivity  $\epsilon_r$  [-] a tloušťky vodivé vrstvy [mm]. Z toho jako základní údaj vypočteme šířku spoje, který má v daném případě požadovanou impedanci, většinou 50  $\Omega$ . Pro často používané desky s plošnými spoji na materiálu FR4 tloušťky 1,5 mm s mědí 0,035 mm se udává relativní permitivita 4,4 až 4,8 a z toho vychází šířka spoje kolem 3 mm. Jednoduchý jednocíselový kalkulátor najdeme třeba na adrese [1].

Jako poklad pro větší plošné obvody můžeme použít např. organické sklo ( $\epsilon_r = 3,4$ ), sklo ( $\epsilon_r = 3,8$  až 19),

pěnový polystyrén ( $\epsilon_r = 1$  až 1,1) nebo PVC ( $\epsilon_r = 2,5$  až 3,1). Obecně by mělo jít o materiál, který nevlhne a nemění výrazně své vlastnosti. Tabulky relativních permitivit najdeme na internetu, horší je, že třeba u měkkých plastů neznáme míru napětí a tedy obsahu vzduchu v materiálu, což výsledek výrazně ovlivňuje, proto doporučuji zvyknout si používat materiál z jednoho zdroje a jeho permitivitu si ověřit. Mně se pro menší obvody osvědčily PVC desky A4 prodávané v papírnickví jako bílé podložky na modelování, mají tloušťku 0,7 mm.

Jako vodivá vrstva se dá použít potravinářská alobalová fólie (tloušťka kolem 0,015 mm) která je vzhledem ke své šířce vhodná především na souvislou zemnicí plochu „druhé strany“ desky a stačí ji lehce místně přilepit kancelářským lepidlem (optimálně kontaktním lepidlem 3M ve spreji, ale to dosti drahé) nebo po obvodu lepicí páskou. Na prvky se hodí spíše užší silnější fólie a pokud možno samolepicí, osvědčila se mi topná hliníková páska šířky 50 mm (tloušťka včetně lepidla 0,06 mm), která se používá jako vrchní vrstva na tepelné izolace. Potřebné menší tvary se vyřešou do předem nalepené fólie, větší je lepší vystříhnout a lepit až hotové, přibude však více spojů.

Hliník je obecně v povědomí jako kov, který lze jen obtížně pájet, a připojení na hliníkové prvky případně jejich vzájemné spojení je klíčovým problémem celé výroby. Mám tu zkušenost, že pájení například hliníkových chladičů je opravdu obtížné, protože masivní kov odvede množ-

a jsou tak schopny reagovat na další stisk tlačítka ovladače okamžitě.

Napájení ovladače je bateriové, je užit jeden článek 12 V velikosti 23A, umístěný v původním pouzdře s odsuvným krytem v těle ovladače. Napájecí napětí 3,3 V je stabilizováno stabilizátorem s malou spotřebou MCP1703 (IC3).

## Konstrukce

Provedení desky ovladače (obr. 6) je uzpůsobeno montáži do krabičky, kterou získáme rozebráním původního ovladače pro dálkově ovládané zásuvky. Tyto ovladače asijské vý-



Obr. 8. Hotový ovladač

roby pravděpodobně nemají jednoznačný objednávací kód, nicméně byly v době psaní článku dostupné např. pod objednávacím číslem T360 u firmy Elektro Palouček (<http://www.elektropaloucek.cz>).

Z původní desky ovladače použijeme pouze pružinové kontakty baterie. Novou desku osadíme na původní místo a k pájecí plošce ANT1 připájíme několikacentimetrovou drátovou anténu.

## Oživení

Ovladač pracuje na první zapojení. Mikrokontrolér IC1 je nejvhodnější naprogramovat až po zapájení pomocí rozhraní ISP, které je zpřístupněno na konektoru SV1.

## Seznam součástek

R1, R2	1,8 k $\Omega$ , SMD, 0805
R3	10 k $\Omega$ , SMD, 0805
R4	4,7 k $\Omega$ , SMD, 0805
C1	10 $\mu$ F/16 V, X7R, SMD, 1206
C2	100 $\mu$ F/16 V
C3	1 $\mu$ F, X7R, SMD, 0805
C4	100 nF, X7R, SMD, 0805
C5	1 nF, NP0, SMD, 0805
D1	LL4148

IC1	MCP1703-33
IC2	RFM02
IC3	ATMega48-AU
LED1, LED2	3 mm, červená
S1 až S10	„tact switch“ P-B1720
SV1	kolíková lišta 2x 3 vývody
Krabička	viz text

## Závěr

Zařízení vibrační signalizace bylo vyvinuto v roce 2010 a pokud je autorovi známo, pracuje bez potíží. Nejobtížnější částí vývojových prací bylo zprovoznění komunikace mezi mikrokontrolérem a radiomoduly - příklady uvedené v jejich katalogových listech obsahují chyby zcela zabraňující funkci radiomodulu (například opomenuté zapnutí bloku přijímače) i zbytečné snižující dosah (např. nevhodné nastavení šířky pásma přijímače při dané přenosové rychlosti a zdvihu modulace). Firma HopeRF naštěstí poskytuje technickou podporu k radiomodulům e-mailem na adrese: [euro@hoperf.com](mailto:euro@hoperf.com) (Mark Yao).

Podklady pro výrobu DPS a případně doplňující informace jsou dostupné na mých internetových stránkách <http://www.strasil.net/pe>