

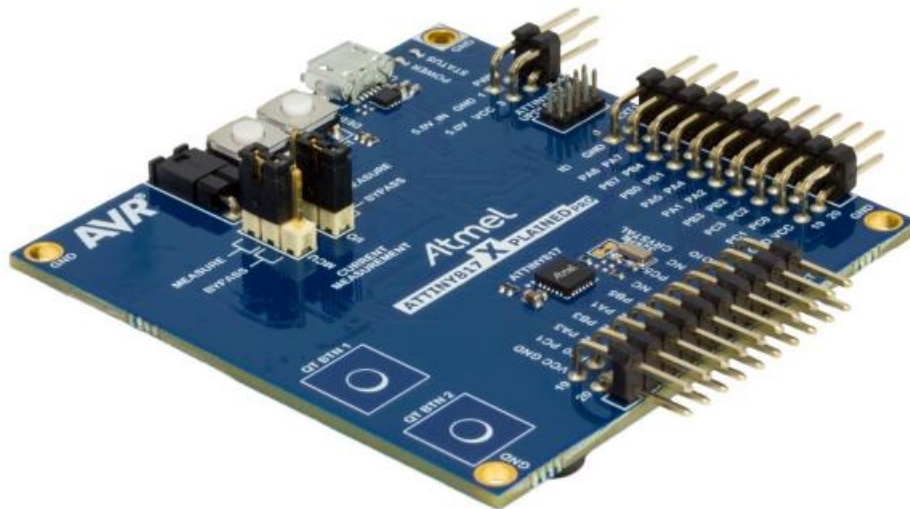
Yack Keyer s dotykovým ovládaním na ATtiny817

Ing. Ján Uhrin, OM2JU

Yack keyer je známa a populárna konštrukcia jednoduchého morse keyera. Jeho základom je mikrokontrolér ATtiny45 od výrobcu Atmel ktorý je dnes už pod značkou Microchipu. Aj keď neumožňuje prepojenie a kľúčovanie z PC ako napríklad K1EL Winkeyer, obsahuje mnoho užitočných nastavení, pamatí správ, beacon ako aj tréningový mód. Jeho hlavnou výhodou je nízka spotreba a možnosť napájania z 3V článku CR2032 bez nutnosti odpájania nakoľko kludový odber je v oblasti mikroampérov. Povodný firmware napísal DK3LJ, kód je voľne dostupný (1) a na internete nájdete mnoho jeho modifikácií. Hotovú konštrukciu vrátane naprogramovaného mikrokontroléra je možné zakúpiť aj na www.hamshop.cz kde je dodávaný v upravenej verzii firmvéru od OK2OH a OK1QO. Táto vylepšená verzia, tzv. Yack2 má rozšírenú pamäť správ z dvoch na štyri a je optimalizovaná pre praktickú prevádzku v konteste alebo expedícii, napríklad tým že vyvolanie prehrávania pamäte sa deje jedným tlačidlom. Ja som použil túto verziu ako základ pre ďalšie experimentovanie.

ATtiny817

Na jednom školení sa mi dostala do rúk vývojová doska ATtiny817 Xplained Pro (2). Dozvedel som sa že sa jedná o novú generáciu mikrokontrolérov ATtiny, rozširujúcu už aj tak vynikajúce možnosti týchto 8-bitových zázrakov. Na vývojovej doske ma upútali dve štvorcové plošky ktoré umožňujú realizovať dotykové ovládanie, samozrejme ihneď ma napadlo možné použitie ako dotykovej pastičky a námet na nový projekt bol na svete. V krátkosti podotknem že 8-bitové mikrokontroléry majú aj v dnešnej dobe široké uplatnenie v jednoduchších aplikáciách kde nepotrebujeme zložité a rýchle výpočty, zložitú grafiku alebo podporu komplikovaných protokolov. A práve takouto je aplikácia morse keyera kde sa využívajú hlavne časovače, generátory tónov, prerušenia a práca s pamäťovými oblasťami RAM a EEPROM.



Obrázok 1 - Vývojová doska ATtiny817 Xplained Pro

Nová generácia ATtiny mikrokontrolérov tzv. series-0 bola ohlásená ešte v roku 2016 Atmelom, neskôr po ich akvizícii Microchipom sa pridala series-1 ktorá rozšírila možnosti puzdier a veľkostí pamatí Flash/RAM/EEPROM a ďalej znížila ich ceny. V krátkosti k označeniu, ak sú v označení iba dve číslice patrí obvod do starej generácie (napr. ATtiny45), nová generácia má v označení vždy minimálne 3 číslice a dnes tu nájdeme viac ako 25 roznych mikrokontrolérov. Periférie sú u všetkých veľmi podobné, ich rozdelenie a konfigurácia je oveľa prehľadnejšia oproti starej generácii. Kludové spotreby novej generácie sú podstatne nižšie vďaka vylepšenému riadeniu spotreby a použitiu novej technológie výroby.

V novej generácii pribudli hlavne tieto bloky:

- Hardwarová násobička –vynásobí dve osembitové čísla za 2 strojové cykly (namiesto 32 a viac cyklov)
- DAC – 8 bitový Digitálno Analógový prevodník. Osembitové rozlíšenie nie je nič extra ale postačí na generovanie jednoduchých priebehov alebo zvukov

- CRC memory scan – dokáže automaticky kontrolovať programovú a dátovú oblasť v pamäti Flash aby sa mohli urobiť opatrenia pri úmyselnom či neúmyselnom pokuse o prepísanie (napr. aj vysokoenergetickými časticami takže tento mikrokontrolér by s vhodným strážnym obvodom mohol slúžiť aj na nízkej orbite).
- Event System – umožňuje prepojenie udalostí medzi perifériami bez zásahu programu. Napríklad udalosť na externom piny sa dá nakonfigurovať tak aby inicializovala počítadlo. Tradične by sa to realizovalo pomocou prerušenia čo vnáša do behu hlavného programu oneskorenia.
- Configurable Custom Logic (CCL) – dva bloky kombinačnej logiky s tromi vstupmi nasledované sekvenčnými obvodmi (filtrácia zámkov, detekcia hrany, D alebo J-K klopný obvod). Ako vstupy do kombinačnej logiky je možné nakonfigurovať určité piny, eventy, periférie (výstup z komparátora, timer, UART, SPI), samozrejme s určitými obmedzeniami. Je možné využiť napr. na predspracovanie dát z kvadratúrneho rotačného enkodéra.
- PTC – Peripheral Touch Controller – umožňuje realizovať dotykové ovládanie. Nie je to jeden konkrétny blok ale kombinácia periférií ako sú časovače, generátory pulzov, analógové komparátory prípadne ADC spolu s knižnicou QTOUCH library. PTC je dostupný iba u typov s Flash pamäťou 8kB a viac.

Podstatnou nevýhodou novej generácie ATtiny je však absencia DIL puzdiel, vyrábajú sa iba v SOIC a QFN puzdrách pre SMD montáž. Myslím že dnes už mnoho rádioamatérov zvláda prispájkovanie SOIC puzdra takže by s tým nemal byť problém.



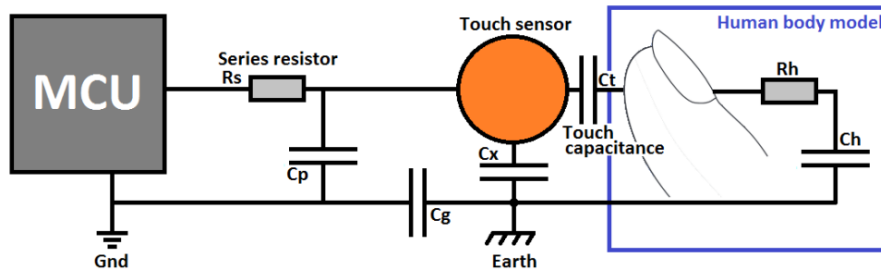
Obrázok 2 - Možnosti SOIC a QFN puzdiel novej generácie ATtiny

Ďalšou relatívnou nevýhodou je programovanie týchto mikrokontrolérov, tu výrobca vymyslel nový jednovodičový protokol (UPDI, Unified Program and Debug Interface) ktorý je síce mimoriadne jednoduchý ale je pomerne neštandardný. To je aj dôvodom prečo sa tieto mikrokontroléry nerozšírili pod populárnu Arduino platformou aj keď poskytujú podobné možnosti ako ich väčší bratia z rodiny ATmega. Programátor si však dokážete jednoducho zostrojiť pomocou dosky Arduino Nano, návod a potrebný software je v (3). Vývojová doska ATtiny817 Xplained Pro takýto programátor obsahuje a preto ak si ju zaobstaráte už nie je nutná ďalšia investícia.

Modifikácia kódu pre novú architektúru bola bezproblémová a v skratke pozostávala zo zmien v inicializácii portov, časovačov a obsluhy prerušenia. Stačilo sa inšpirovať príkladmi ktoré sú dostupné na stránke výrobcu (4) pre ATtiny817, prípadne si informácie dohľadať v dokumentácii k mikrokontroléru.

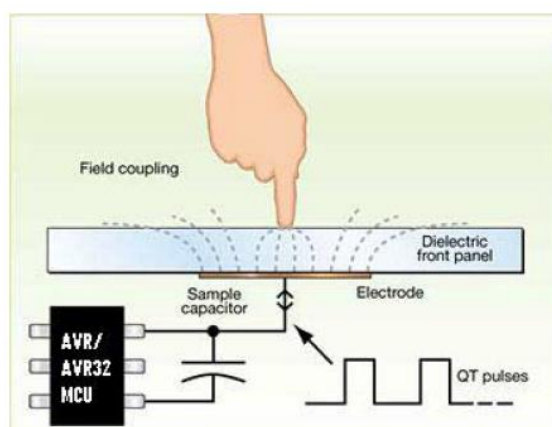
Kapacitné snímanie

Základnou myšlienkou kapacitného snímania je ovplyvňovanie kapacity malej snímačnej plošky priblížením sa napr. ukazováka užívateľa. Kým snímacia ploška má kapacitu pár jednotiek pikofaradov, po priblížení ukazováka sa jej kapacita zvýši o kapacitu nášeho tela voči zemi ktorá je rádovo 100-200pF. Samozrejme že ploška musí byť dokonale izolovaná napr. vrstvou laku alebo skla aby nedochádzalo k nežiadúcemu vybíjaniu. Na meranie kapacity sa využíva princíp RC integračného člena takže pre správnu funkciu je potrebný ešte sériový rezistor R_s v hodnote rádovo 10kOhm. Nabíjanie a vybíjanie RC člena sa deje prostredníctvom jedného pinu ktorý zároveň funguje aj ako analógový vstup ktorým sa meria prahová hodnota. Vo výsledku sa meria čas nabíjania/vybíjania.



Obrázok 3- Princíp kapacitného snímania pomocou integračného RC člena

Popísaná metóda s jedným pinom a sériovým rezistorom je použitá u mikrokontrolérov ATtiny. V dokumentácii som sa stretol aj metódou Microchipu postavenou na postupnom prelievaní čiastkového náboja zo snímacieho kondenzátora na zberný kondenzátor (sampling alebo tank capacitor) krátkymi pulzami. Priblíženie sa ukazovák spôsobí zvýšenie kapacity snímacieho kondenzátora a teda na prenos určitého množstva náboja na zberný kondenzátor je potrebné menšie množstvo pulzov, tento rozdiel je detekovateľný. U tejto metódy je potrebný dodatočný kondenzátor o kapacite desiatky nF a ďalší pin mikrokontroléra.



Obrázok 4 - Princíp kapacitného snímania pomocou zberného kondenzátora

Popísanému procesu keď máme snímaciu plochu vzťahnutú oproti zemi sa hovorí snímanie vlastnou kapacitou (self-capacitance) a umožňuje realizovať napr. jednoduché tlačidlá. Rozným geometrickým rozložením je možné realizovať aj zložitejšie ovládacie prvky ako lineárne či kruhové posuvníky. Na podobnom princípe je založené snímanie vzájomnou kapacitou (mutual capacitance), tu je jedna elektróda snímacieho kondenzátora pripojená na jeden pin a druhá elektróda na iný pin mikrokontroléra. Táto metóda umožňuje realizovať maticové snímanie známe z konfigurácie klávesnice.

Celá problematika kapacitného snímania je dosť zložitá nakoľko je potrebné zabezpečiť aj odolnosť voči pomalým zmenám snímacej kapacity napr. vplyvom teploty alebo falošnú detekciu vplyvom šumu. Aj samotný návrh geometrie ovládacieho prvku a jeho umiestnenie má svoje pravidlá a obmedzenia. Všetko je popísané v dokumentácii k QTOUCH ktorá je dostupná na (5).

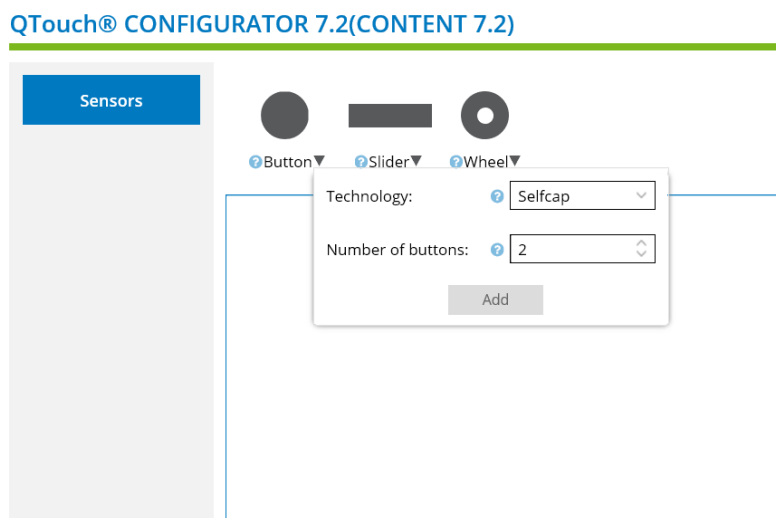
Zosumarizujem základné možnosti QTOUCH:

- podpora tlačidiel, posuvníkov, rotačných ovládačov až do 256 kanálov
- podpora snímačov s vlastnou ako aj vzájomnou kapacitou
- autokalibrácia, nie je nutné doladovanie
- autonómne fungovanie, mikrokontrolér sa zaťažuje minimálne
- nízka spotreba
- vynikajúca odolnosť voči externým rušivým poliam
- odolnosť voči kvapkám alebo vlhkosti okolo snímacích plošiek
- možnosť posilať debug dáta cez UART a dáta spacovávať napr. v grafickej aplikácii
- možnosť použiť zostávajúce periférie a výkon mikrokontroléra pre vlastnú aplikáciu

Knižnica QTOUCH je dostupná aj pre ďalšie rodiny mikrokontrolérov od Microchipu vrátane 32-bitových. Mnoho ďalších výrobcov má podobné riešenia kapacitného snímania pričom každý logicky tvrdí že to jeho je najlepšie a najodolnejšie. Existujú aj jednoúčelové obvody určené iba na kapacitné snímanie, tieto sú veľmi jednoducho nasaditeľné ale samozrejme takmer vždy sa pripájajú k inteligentnejšej jednotke. Riešenie pomocou mikrokontroléra je lacné a flexibilné, samotné nakonfigurovanie a odladenie už býva byť zložitejšie, výrobcovia však robia všetko pre to aby to užívateľom zjednodušili.

Qtouch Konfigurátor

Na konfiguráciu a integráciu kapacitného snímania má výrobca k dispozícii online konfigurátor na stránke (3). Po vytvorení nového projektu a zvolení mikrokontroléra alebo priamo vývojovej dosky na ktorej ideme realizovať projekt zvolíme pridanie QTOUCH knižnice (pod položkou Middleware). Pre náš účel pridáme dva snímacie prvky typu Button s módom snímania Self-capacitance.



Obrázok 5 - QTouch konfigurátor - výber senzorov

V ďalších krokoch sa špecifikujú piny na ktorých chceme snímať, dynamické parametre snímania ako napr. rýchlosť, citlivosť, prahové hodnoty rozhodovania, filtrácia výsledkov – tu ponecháme východzie hodnoty. V kroku Notification je možné zvoliť výpis stavových hodnot cez UART na terminál, ja som túto možnosť vynechal nakoľko vyžaduje dodatočné miesto v programovej pamati a tiež zvyšuje spotrebu. Na záver sa nám vypíše sumár konfiguračných parametrov a po odsúhlasení sa vygeneruje projekt ktorý je možné naimportovať do vývojového prostredia Atmel Studio kde pokračujeme v integrácii kódu Yack morse keyera.

QTouch® CONFIGURATOR 7.2(CONTENT 7.2)

Sensors	SUMMARY		Modules		Versions	
Pins	DEVICE INFORMATION		Keys	1.3		
Parameters	Device Name:	ATtiny817	Binding Layer	1.4		
Notification	Technology:	selfcap	Scroller	1.0		
Summary	Total Sensor Count:	2	Frequency Hop Manual	1.1		
	SENSOR INFORMATION		Frequency Hop Autotune	1.2		
	Number of Buttons:	2	Surface 1 Finger Touch	1.4		
	Number of Sliders:	0	Surface 2 Finger Touch	1.0		
	Number of Wheels:	0	Gesture	1.1		
	Number of Lumps:	0	Surface 1 Finger Touch 32x32	1.0		
	CHANNEL INFORMATION		Surface 2 Finger Touch 32x32	1.0		
	Total Channels Consumed:	2	Acquisition Manual	1.4		
	Maximum PTC Frequency:	0.3125MHz	Acquisition Autotune	1.4		

Summary of selected module and version information.
See [Microchip Developer Help Page](#) and [Glossary of touch related terms](#) for additional information
Data Visualizer - [Download](#)

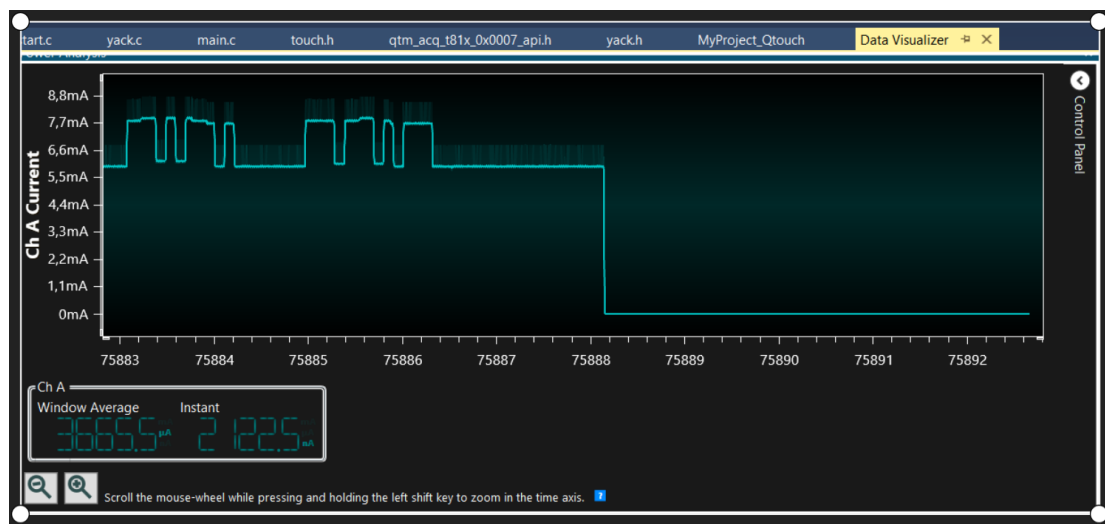
Obrázok 6 - QTouch konfigurátor - zhrnutie

Vygenerovaný projekt obsahuje okrem samotnej QTOUCH knižnice aj množstvo ďalších definícií a nastavení prekladu kódu, preto je rozumné integrovať kód Yack keyera do vygenerovaného projektu a nie opačne. Ďalej je rozumné jednoduché overenie spoľahlivosti dotykového ovládania napr. rozblíkaním LED.

Zistil som že knižnica QTOUCH zaberá zhruba 4kByte programovej pamate, čo je polovica z celkovej pamate ATtiny817. Kód Yack keyera zaberá dokonca vyše 4Kbyte, takže sa dostávame na limit. Aby sa program do pamate zmestil musel padnúť za obeť beacon mód a tréningový mód ktoré som vynechal, tiež som niektoré časti kódu mierne optimalizoval.

Meranie a optimalizácia spotreby

K meraniu spotreby na vývojovej doske ATtiny817 Xplained Pro v podstate nepotrebujeme ampérmeter, nakoľko výrobca implementoval meranie prúdu s automatickým prepínaním rozsahov ako aj jeho vizualizáciu. Meranie je realizované nezávislým mikrokontrolérom a analógovým frontendom takže zobrazovaná je reálna spotreba ATtiny817 počas vykonávania jeho vlastného programu. V položke Tools stačí zvoliť Data Visualiser, cez DGI Control Panel sa pripojiť k doske, zvoliť meranie Power a na obrazovke máme dynamický graf spotreby prúdu.

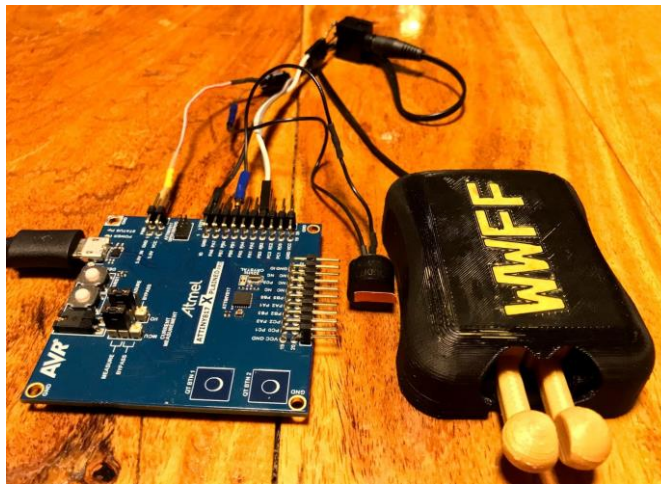


Obrázok 7 - Data Visualiser zobrazujúci odber prúdu (CQ a následne skrátenej prechod do SLEEP s odberom 2uA)

Nameral som nasledovné hodnoty odberu:

- Ovládanie iba pomocou mechanickej pastičky - spotreba za behu ale bez klúčovania je 1.4mA
- Ovládanie touch + alteratívne aj mech. pastička - spotreba za behu ale bez klúčovania je 6.0mA
- Sleep mód – Yack do neho prejde automaticky po uplynutí určitého času – 2.1uA

Spotreba počas klúčovania sa zvyšuje o energiu potrebnú na vybudenie miniatúrneho akustického meniča, závisí od typu meniča. Spotreba v sleep móde je nezávislá od toho či používame dotykové ovládanie nakoľko pred uspaním deaktivujem časovací blok RTC a tým úplne odstavím dotykové ovládanie. Ponechať dotykové ovládanie bežať neustále s odberom 6mA by asi nebol dobrý nápad. V dokumentácii ku knižnici QTOUCH sa spomína low power mód ako aj možnosť prebudenia mikrokontroléra na dotykovú udalosť ale u ATtiny som túto možnosť nenašiel, takže neostalo mi nič iné len dotykové ovládanie pred uspaním deaktivovať. Zobudenie realizujeme Command tlačidlom, prebudenie zo sleep módu sa oznámi krátkym pípnutím a potom je možné pokračovať. Takže pokiaľ vynecháme pastičku s kontaktami a budeme chcieť klúčovať len pomocou dotykových plošiek bude vždy potrebné aspoň Command tlačidlo.



Obrázok 8 - Komplet vývojová zostava

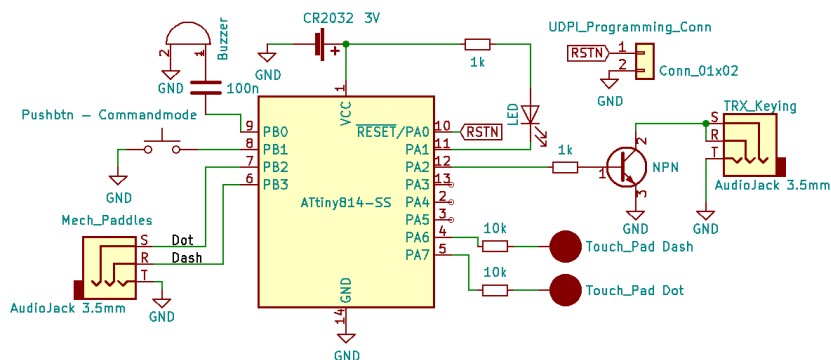
Zobrazovanie spotreby mi pomohlo odhaliť zaujímavú situáciu keď občas po prechode do sleep módu bola spotreba "až" 36uA. Pokusy so softvérovým deaktivovaním portov nepomohli, príčinu som zistil až náhodou tým že som odpojil akustický menič (elektromagnetický). Dovodu však celkom nerozumiem, príslušný výstup je po prechode do sleep módu vždy v neaktívnom stave. Je možné že indukované napätie na cievke meniča dostalo pin do neštandardného stavu, preto je rozumné použiť predradný resistor alebo kondenzátor, ja som použil druhu možnosť.

Náčrt praktickej realizácie

ATtiny817 je v miniatúrnom QFN puzdre a to je pre praktickú realizáciu v domácich podmienkach nevhodné. Ideálnejšie je vývodové SOIC puzdro s rozstupom nožičiek 1.27mm po stranách. Vhodným kandidátom s 8kByte Flash pamäťou je ATtiny814-SS v 14-pinovom SOIC puzdre pre ktoré som v Kicade nakreslil schému. Alternatívne je možné použiť aj ATtiny1614 ktorý má až 16kByte Flash pamäte a v tom prípade bude možné do kódu zahrnúť Beacon ako aj tréningový mód ktoré boli z dôvodu nedostatku miesta vykomentované. Pre Yack keyer by bolo ideálne 8-pinové puzdro ale to je dostupné len pre verzie s menšou Flash pamäťou.

Ovládanie je možné buď mechanickými kontaktami alebo dotykovo. Znovu pripomínam že Command tlačidlo bude potrebné vždy, nakoľko toto sa používa hlavne na prebudenie zo sleep módu. Mechanické prevedenie dotkových pádiel je dobre spracované na www.hamshop.cz, nechajte sa inšpirovať. Pamätal som aj na UDPI konektor pre programovanie, tento je ako som spomínal veľmi jednoduchý a je možné si ho vyrobiť (3).

Prenos kódu na ATtiny814 bol bezproblémový, okrem zmeny definícií priradenia pinov v *yack.h* bola jediná podstatná zmena vo vykomentovaní všetkých funkcií ktoré sa odkazovali na PORT-C ktorý v tomto pinovo redukovanom variante mikrokontroléra neexistuje. Samotný kód je dostupný na mojom WEBE (6) v sekcii #hamradio, umiestnil som tam aj projekt ktorý je možné naimportovať do vývojového prostredia Atmel Studio. Samotnú funkčnosť preportovaného kódu na ATtiny814/1614 som ešte nestihol odskúšať, ak by sa medzitým do toho niekto pustil rád pomôžem.



Obrázok 9 - Základná schéma Yack Keyera s ATtiny814-SS

Verím že Vás článok o dotykovom ovládaní inšpiroval a pre túto technológiu nájdete uplatnenie v ďalších hobby či profesionálnych projektoch. Dotykové ovládanie nás neobmedzuje pri mechanickom návrhu zariadenia a umožňuje realizáciu nových riešení. Príkladmi sú mnohé spotrebiče ktoré majú dotykové ovládanie nenápadne skryté za krytom a ktoré dnes bežne používame v domácnostiach. V prípade krytu pre dotykovo ovládaný Yack keyer už mám určitú predstavu ale o tom snáď niekedy nabadúce.

Referencie:

- (1) <http://yack.sourceforge.net/>
- (2) <https://www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails/attiny817-xpro>
- (3) <https://github.com/SpenceKonde/megaTinyCore/blob/master/MakeUPDIProgrammer.md>
- (4) <http://start.atmel.com>
- (5) http://www.atmel.com/images/Atmel-42805-QTouch-Modular-Library-Peripheral-Touch-Controller_User-Guide.pdf
- (6) <http://om2ju.com> → #hamradio