Programujeme STM32

nízkopříkonové aplikace

Ing. Vojtěch Skřivánek

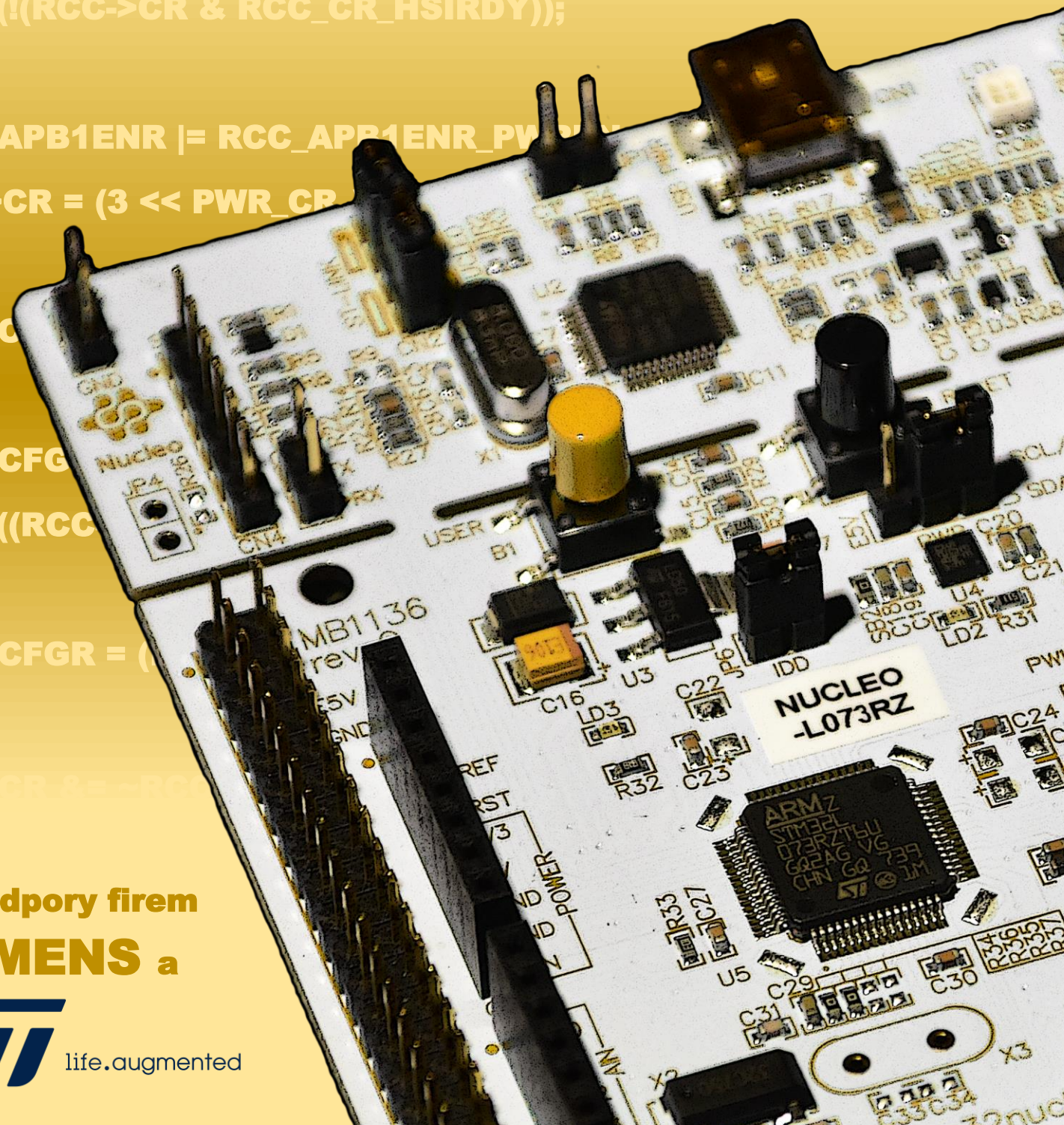
```
RCC->CR |= RCC_CR_HSION;
while (!(RCC->CR & RCC_CR_HSIRDY));

RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_PW
PWR->CR = (3 << PWR_CR

RCC->C

RCC->CFG
while ((RCC

RCC->CFGR = (
```



Za podpory firem

SIEMENS a

life.augmented

Programujeme STM32
nízkopříkonové aplikace

Ing. Vojtěch Skřivánek

Vydání první 2022

ISBN: 978-80-7539-147-6 (PDF verze)
ISBN: 978-80-7539-148-3 (ePub verze)
ISBN: 978-80-7539-149-0 (mobi verze)

Poděkování

Děkuji firmám

SIEMENS

a

za podporu při psaní této knihy.

Obsah

Kapitola 1

Úvod

Tato kniha volně navazuje na předchozí knihy z edice „Programujeme STM32“. Proto, pokud ještě nemáte zkušenosti s kontrolery STM32, doporučuji nejprve přečíst je.

Firma STMicroelectronics má ve svém produktovém portfoliu různé rodiny mikrokontrolerů. Každá rodina dominuje v jiné oblasti použití – vysoký výkon, bezdrátová konektivita, práce s analogovými signály, automotive a nebo nízký energetický odběr. A právě řada ***STM32Lxxx***, do níž patří i kontroler ***STM32L073RZ***, se kterým v této edici pracujeme, patří mezi kontrolery navržené tak, aby jejich příkon byl co možná nejmenší.

Kniha se tedy již nevěnuje tomu, jak využívat periferie kontroleru, ale zkoumá jej z jiného hlediska. V knize se budeme zabývat tím, co všechno má vliv na energetickou náročnost aplikace kontroleru.

V kapitolách budeme zkoumat a porovnávat, jaký zdroj a kmitočet hodinového signálu má vliv na energetický odběr. Dále si popíšeme, jaké existují úsporné režimy, čím se liší, jak je vyvolat, jak je opustit a jaká mají omezení. A mimo jiné se také dozvíme, jaké periferie jsou učeny pro práci v úsporných režimech.

Předpokládá se, že čtenář již má zkušenosti s programováním mikrokontrolerů ***STM32***, ví, jak se pracuje s knihovními funkcemi ***HAL*** i jednotlivými registry a umí používat ***STM32CubeIDE***.

1.1 Motivace knihy

V dnešní doba doslova volá po nízkopříkonových aplikacích. Nejenom, že se v posledních letech objevila spousta nových produktů z oblasti nositelné elektroniky:

- fitness náramky,
- chytré hodinky,
- chytré brýle (virtuální a rozšířená realita)

ale dokonce i produkty, které jsme dříve používali bez baterií, jsou dnes poháněné právě jimi:

- bezdrátová sluchátka,
- přenosné bezdrátové reproduktory,
- bezdrátové myši a klávesnice,
- zubní kartáčky a
- samočinné vysavače a sekačky

Samozřejmě nesmíme zapomenout na množství již klasických produktů, které svojí energii čerpají z baterie:

- mobilní telefony,
- tablety, touchpady, elektronické čtečky
- digitální fotoaparáty a videokamery
- přenosné hudební přehrávače,
- holicí strojky,
- detektory kouře a plynu,
- různá měřicí zařízení (laserové dálkoměry, osobní váhy),
- dálkové ovladače,

Výdrž všech těchto produktů malých rozměrů je omezená kapacitou baterie. Na zařízení jsou kladeny požadavky jako vysoký výkon, malá velikost a nízká hmotnost. A to všechno s co možná nejdelší výdrží baterie. Právě to, jak dlouho bude zařízení funkční na jedno nabití, je často vyhledávaným parametrem zákazníka. Tento údaj může ovlivnit, jak úspěšný produkt bude.

Vývoj zvyšování energetické hustoty baterií bohužel není tak rychlý, jako růst požadavků na výkon mnohých ze jmenovaných zařízení.

Jedním řešením tohoto problému je relativně úspěšné zvyšování účinnosti elektronických součástek. Například procesorová jádra ***ARM*** posledních několik let zvyšují svůj výpočetní výkon za současného snížení energetické náročnosti.

Druhým řešením je správná aplikace kontroleru, která co možná nejvíce šetří energii. Aplikace, v níž se maximální výpočetní kapacita jádra využívá pouze, když je to nezbytně nutné. Ve které je každá periferie zapnuta pouze tehdy, kdy je třeba ji využít. Která kontroler uspí, když zařízení není právě využíváno. Toto řešení je plně v rukou programátora.

A právě v této knize si ukážeme nástroje mikrokontroleru ***STM32L073RZ***, které nám umožňují šetřit energii.

1.2 Struktura knihy

Kniha obsahuje tři kapitoly. Každá z nich se zaměřuje na jiný způsob úspory energie.

První kapitola se zaměřuje na nastavení kontroleru tak, aby po dobu běhu programu vyžadoval co nejmenší množství energie. Nejvíce se v ní porovnává spotřeba při různých nastaveních zdroje systémového hodinového signálu.

Druhá kapitola se zabývá úspornými režimy. Popisuje, jaké režimy existují, v čem se liší z hlediska spotřeby a jaká mají omezení. Také ukazuje, jak mezi režimy přepínat.

Poslední kapitola pojednává o periferiích kontroleru. Představuje práci s periferiemi speciálně určenými pro aplikace s nízkou spotřebou. V podkapitolách je porovnávána energetická náročnost různých periferií.

U většiny kapitol a příkladů budou vložené a popsané grafy proudové spotřeby kontroleru. Z nich patrné, jak se mění odběr například při změně frekvence hodin, spuštění periferie nebo přechodu do úsporného režimu. Je třeba mít na paměti, že naměřené hodnoty nebyly získány v laboratorních podmínkách, proto je třeba na ně nahlížet jako na orientační, sloužící především k ilustraci relativních rozdílů.

1.3 Fonty textu

Anglické zkratky, názvy nabídek a políček vývojového prostředí a názvy registrů jsou vždy napsány tučnou kurzívou - např. ***AutoReload*** registr. Ač by bylo konzistentnější používat v knize buď pouze české, nebo pouze anglické názvosloví, existuje-li český ekvivalent (např. názvu registru), je použit, jelikož lépe zapadne do věty, která je pak srozumitelnější.

Odkazy na použité zdroje jsou uvedeny číslem v hranatých závorkách – např. [1].

Odkazy na body v obrázcích a grafech budou popsány tučným písmem v závorce - např. **(3)**.

Kapitola 2

Vývojové nástroje

K programování mikrokontrolerů jsou zapotřebí tři základní nástroje.

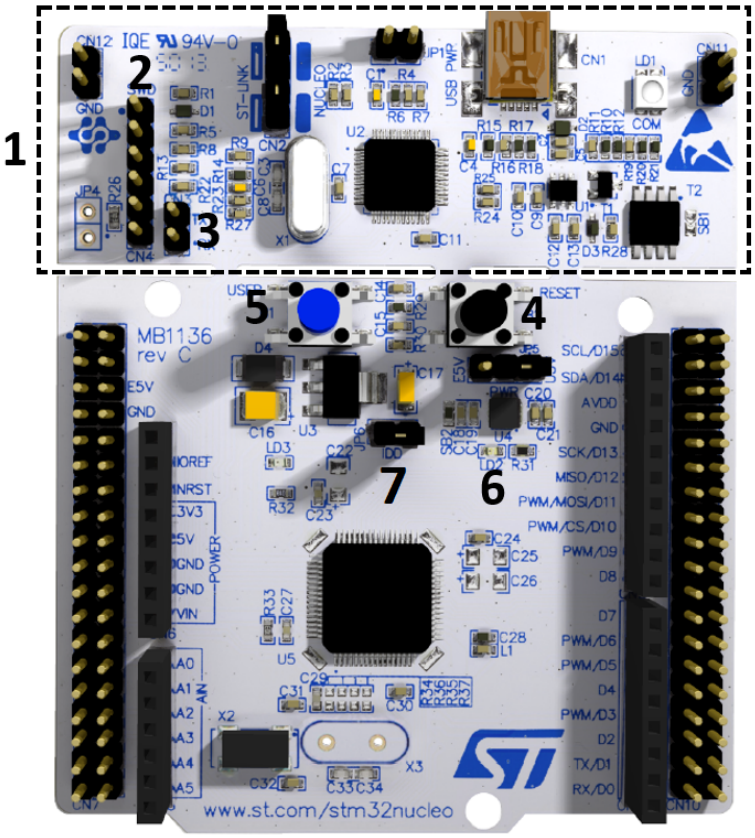
Prvním z nich je samozřejmě samotný mikrokontroler. Nejsnazším způsobem, jak mít k dispozici funkční mikrokontroler připravený k programování a používání jeho periferií, je opatřit si vývojovou desku. Firma STMicroelectronics nabízí širokou škálu cenově příznivých vývojových desek. Mezi nejznámější patří řady desek ***Nucleo*** a ***Discovery***. Ty se od sebe liší tím, že zatímco ***Nucleo*** obsahuje převážně pouze mikrokontroler a konektory, ***Discovery*** dost často skýtá také rozličné senzory, tlačítka, LED, displeje a jiné prvky, připojené přímo ke kontroleru a připravené k okamžitému použití.

Druhým potřebným nástrojem je programátor mikrokontroleru, který dokáže nahrát binární kód z PC do paměti programu čipu. Tento programátor je možné koupit samostatně, ale výhodou všech vývojových desek firmy STMicroelectronics je, že každá z nich má v sobě programátor a debugger (používaný k ladění programu) již integrovaný.

Zbývá poslední nástroj, ačkoliv jde vlastně o nástroje dva, které je však možno opět získat v jednom balíčku. Prvním je vývojové prostředí, ve němž je možné snadno psát kód a spravovat projekt programu. Druhým je překladač zdrojového kódu, psaného v jazyce C, do strojového binárního kódu, kterému rozumí daný kontroler. Firma STMicroelectronics nabízí zdarma své vývojové prostředí ***STM32CubeIDE***, ve kterém je možné napsat zdrojový kód, přeložit jej do strojového kódu a pomocí programátoru jej nahrát do programové paměti mikrokontroleru.

2.1 Vývojová deska

Vývojová deska, která je použita na všechny příklady v této knize, je z řady desek ***Nucleo*** s názvem ***NUCLEO-L073RZ***.



Vývojová deska NUCLEO-L073RZ [2]

Deska obsahuje, mimo mikrokontroleru ***STM32L073RZ***, také již zmíněný programátor a debugger sloužící k ladění programu **(1)**. Programátor se nachází v horní části desky, kterou je možné od spodní odlomit. K programování kontrolerů mimo vývojovou desku slouží konektor ***CN4*** v levé části **(2)**. Horní část také obsahuje převodník z USB komunikace na ***UART***, jehož vývody CN3 jsou vpravo od programovacího konektoru **(3)**. Ani jeden z těchto konektorů není třeba používat, jelikož programátor i převodník jsou s kontrolerem spojeny můstky mezi horní a dolní částí desky.

Na dolní části desky se nachází dvě tlačítka, jedno z nich - ***B2*** - slouží k resetování programu mikrokontroleru **(4)**, druhé - ***B1*** - je uživatelské **(5)**, které je připojené na pin mikrokontroleru a jež bude často využívané v našich příkladech.

Kromě LED signalizující funkci programátoru a správné napájení je na desce umístěna také jedna uživatelská LED ***LD2*** **(6)**, kterou lze pinem mikrokontroleru ovládat.

Na krajích desky pak nelze přehlédnout dva typy konektorů. Vnitřní tvořené dutinkami jsou kompatibilní se všemi rozšiřujícími deskami pro platformu ***Arduino***. Vnější hřebínkové jsou přivedeny ke všem pinům kontroleru.

POZOR!! Ne všechny konektory jsou skutečně připojeny k pinům kontroleru. Někdy je nutné na příslušné místo na desce připájet nulový rezistor, aby došlo k propojení. Důvodem je, že daný pin je již použit například programátorem. Detaily je možné najít v dokumentaci ***Nucleo*** desky [3].

Vývojová deska má na sobě také propojku ***JP6*** **(7)**, kterou je možné rozpojit a připojit mezi konektory ampérmetr. Právě touto cestou jsou provedena všechna měření v této knize.

Kromě výše zmíněných funkcí deska ještě nabízí možnost připájení vlastního přesného oscilátoru, místo na měření proudové spotřeby a přepnutí na externí napájení. Obojí budeme v našich příkladech využívat.

Jelikož některé příklady vyžadují komunikaci dvou zařízení, je vhodné mít dvě vývojové desky. Pro drtivou většinu příkladů je však jedna Nucleo deska dostatečná.

Pro snazší měření spotřeby má firma ST Microelectronics ve svém portfoliu rozšiřující desku X-NUCLEO-LPM01A, která umožňuje velmi přesné měření statické i dynamické spotřeby kontroleru.

2.2 Vývojové prostředí

Jak již bylo zmíněno, výrobce čipu poskytuje zdarma vývojové prostředí ***STM32CubeIDE***, ve kterém jsou vytvořeny všechny příklady této knihy.

Toto prostředí v sobě obsahuje konfigurátor periferií čipu, programování a správu projektu, nahrání programu do mikrokontroleru a možnost jeho ladění (debuggování).

S instalací vývojového prostřední se automaticky nainstaluje i ovladač programátoru, který je umístěný na ***Nucleo*** desce, a překladač ze zdrojového kódu na strojový.

STM32CubeIDE je možné po registraci na webových stránkách firmy STMicroelectronics stáhnout zcela zdarma. Nejsnazším způsobem nalezení odkazu ke stažení je zadat do internetového vyhledávače heslo „STM32CubeIDE“ a pravděpodobně hned první odkaz bude mířit na správnou stránku, kde najdete také návod na instalaci a manuál k použití.

Věřím, že není nutné popisovat instalaci vývojového prostředí, která je plně automatická a intuitivní a nainstaluje i všechny nutné ovladače.

2.3 Shrnutí

Po přečtení této kapitoly by měl mít čtenář k úspěšnému naprogramování příkladů uvedených v této knize připraveny následující nejnutnější věci:

- vývojovou desku **NUCLEO-L073RZ** (pro některé příklady jsou nutné dvě),
- **USB** kabel k připojení desky k počítači,
- počítač s nainstalovaným vývojovým prostředím **STM32CubeIDE**,
- a **několik propojovacích vodičů** k vzájemnému propojení vnějších konektorů vývojové desky.

S touto nezbytnou výbavou je možné se směle pustit čtení následujících kapitol, které ukazují, jak úsporně využívat kontrolery STM32.