**UniLabTool**

# **Koncept**

**Uni**versal **Lab**oratory **Tool** by měl být jednoduchý a universální nástroj do elektrotechnické laboratoře. Primárně by se měl použít k výuce praktické elektroniky, dále pak jako levná varianta stolních přístrojů.

Jedná se především o softwarově definovaný **osciloskop**, **voltmetr**, **PWM generátor a logický analyzátor** s doplňkovou funkcionalitou **čítače** a **signálového generátoru**.

Hardware by si měl zvolit uživatel sám, firmware by tak měl být vytvořen pro více různých mikrokontrolerů. Jde hlavně o levné STM32 kity (Blue/Black Pill) a STM32 Nucelo kity. Podrobný popis je uveden v kapitole *Požadavky* v sekci *Firmware*/*Přehled kompatibilních MCU a jejich parametrů*. Cílem této práce má být primárně firmware a software, přizpůsobení napěťových úrovní si tedy uživatel zrealizuje sám dle návodu. Zařízení má komunikovat s PC jak pomocí USB, tak UART. Jelikož má hardware různé parametry, bude se i firmware lišit svými dostupnými funkcemi, popsáno to bude v uživatelské dokumentaci.

Software by měl být multiplatformní, cílený na platformy PC, Linux a macOS. Software by měl sloužit k intuitivnímu ovládání všech zmíněných komponent. Cílem je, aby výsledný produkt byl použitelný formou *Plug*&*Play* jak pro amatéry, tak profesionály. Vznikne přehledná uživatelská dokumentace v PDF, který bude integrována i do aplikace. Software bude lokalizován pouze v angličtině. Zdrojové kódy firmwaru i softwaru budou volně dostupné na serveru GitHub.com.

# **Požadavky**

* **Firmware**
  + Obecné vlastnosti
    - Termín dokončení první veřejné stabilní verze **únor 2021**
    - LED *blink patterns* (start systému, komunikace, chyby)
    - Velikost pod 64 KB (ideálně pod 32 KB)
    - Distribuce ve formátech S19, HEX, BIN a ELF
    - Nahrání do MCU pomocí DFU (je třeba bootloader) nebo SWD
  + Přehled kompatibilních MCU a jejich parametrů
    - Primárně cíleno na ty zvýrazněné zeleně

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| STM32 | Kit | Pozn. | ADC /Msps | Flash | RAM | DAC | USB | Boot | Cena |
| **F042**F6 | [Aliexpress](https://www.aliexpress.com/i/4000906432963.html) kit | TSSOP / kit | 1x 12bit /1 | 32 | 6 |  | kit | ✓ | $8.7 |
| **F042**K6 | [Nucelo-32](https://cz.farnell.com/stmicroelectronics/nucleo-f042k6/dev-board-nucleo-32-mcu/dp/2500223) | STLink UART | 1x 12bit /1 | 32 | 6 |  | piny | ✓ | $12.5 |
| **F103**C8 | [Blue/Black Pill v1](https://www.aliexpress.com/item/32802556794.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.55aa4723Jz824R&algo_pvid=6bfffa3a-67fc-4c64-af2f-14686218bbb0&algo_expid=6bfffa3a-67fc-4c64-af2f-14686218bbb0-2&btsid=0b0a182b16025995591136045eda6a&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_) | R10 = 1.5 K | 2x 12bit /1 | 64 | 20 |  | ✓ |  | $1.9 |
| **F303**RE | [Nucelo-64](https://cz.farnell.com/stmicroelectronics/nucleo-f303re/dev-board-st-link-nucleo/dp/2467271?st=nucleo-f303) |  | 4x 12bit /5 | 512 | 80 | 2x 12bit | piny | ✓ | $10.7 |
| **F401**CC | [Black Pill v2](https://www.aliexpress.com/item/4000112571119.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3c287bfeaOizWP&algo_pvid=712ff058-b367-451c-939b-c236067c28ac&algo_expid=712ff058-b367-451c-939b-c236067c28ac-2&btsid=0b0a119a16026000942998200ec21a&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_) |  | 1x 12bit /2 | 256 | 64 |  | ✓ | ✓ | $2.0 |
| **F401**RE | [Nucelo-64](https://cz.farnell.com/stmicroelectronics/nucleo-f401re/nucleo-board-mcu/dp/2394223?ost=nucleo-f401) |  | 1x 12bit /2 | 512 | 96 |  | piny | ✓ | $13.4 |
| **F407**VE | [Aliexpress kit](https://www.aliexpress.com/item/4001004816900.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.4817628bA9ZYsQ&algo_pvid=2544e422-3aac-46f2-91eb-43358bd5e83a&algo_expid=2544e422-3aac-46f2-91eb-43358bd5e83a-6&btsid=0b0a0ae216027134107146586ed511&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_) |  | 3x 12bit /2 | 512 | 192 | 2x 12bit | ✓ | ✓ | $6.8 |
| **F411**CE | [Black Pill v2](https://www.aliexpress.com/item/4001098711269.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.5a3d1891ckJnM5&algo_pvid=3e7f7ab1-5806-4e54-bef9-dd9c5f15330c&algo_expid=3e7f7ab1-5806-4e54-bef9-dd9c5f15330c-0&btsid=0b0a119a16026001421678584ec1ed&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_) |  | 1x 12bit /2 | 512 | 128 |  | ✓ | ✓ | $3.5 |
| **F412**RB | [Nucelo-64](https://cz.mouser.com/ProductDetail/STMicroelectronics/NUCLEO-L412RB-P?qs=byeeYqUIh0MKzvuPFMUXXw%3D%3D) |  | 2x 12bit /5 | 128 | 40 |  | piny | ✓ | $15.3 |
| **F446**RE | [Nucelo-64](https://cz.farnell.com/stmicroelectronics/nucleo-f446re/dev-board-arduino-mbed-nucleo/dp/2491978?st=nucleo-f446) |  | 3x 12bit /2 | 512 | 128 | 2x 12bit | piny | ✓ | $19.2 |
| **L072**CZ | [Nucelo-64](https://cz.farnell.com/stmicroelectronics/b-l072z-lrwan1/discovery-kit-iot-connectivity/dp/2708776?st=l072) | adaptor | 1x 12bit /1 | 192 | 20 | 2x 12bit | ✓ |  | $46.5 |
| **L412**RB | [Nucelo-64](https://cz.farnell.com/stmicroelectronics/nucleo-l412rb-p/nucleo-64-dev-board-arm-cortex/dp/2980968?ost=l412rb) | adaptor | 2x 12bit /5 | 128 | 40 |  | ✓ | ✓ | $19.5 |
| **G031**J6 | [Discovery Kit](https://cz.farnell.com/stmicroelectronics/stm32g0316-disco/discovery-kit-arm-cortex-m0/dp/3247675) | adaptor DIL8 | 1x 12bit /2 | 32 | 8 | 1x 12bit | ✓ | ✓ | $10.1 |

* + Komunikace
    - UART – kity s dedikovaným USB pro ST-LINK (Nucelo)
    - USB (CDC VCP) – kity s vyvedeným nativním USB 2.0 (Blue/Black Pill)
    - Vždy bude mít prioritu UART, z důvodu kompatibility
    - Bude použit textový ASCII protokol, inspirace z LEO nebo SCPI (PC *polling*)
    - Minimální přenosová rychlost bude 115200 bps ≈ 12 KB/s
  + Komponenty
    - Osciloskop
      * Trigger řešit ve firmware (v F0, F1, L0 a F3 použít *analog watchdog*)
      * Ukládání dat pomocí DMA do kruhového bufferu
      * Velikost bufferu bude dána dostupnou RAM dle typu MCU
      * Nastavovat *sample rate*, vyčíst reálný *sample rate*
      * 4 signálové kanály (volit/zapínat kanály i samotné ADC manuálně)
      * Po startu (pravidelně) provést *selfcalibration* (ADCEx\_Calibration\_Start)
      * Použít *int*. 1.2 V referenci včetně kalibrace
    - Voltmetr
      * Minimální frekvence měření 100 Hz
      * 4 měřící kanály (stejné piny jako u osciloskopu)
      * Vdd měřit pomocí vnitřní *bandgap* reference vzorcem
    - PWM generátor
      * 2 kanály (pomocí časovače TIMX v režimu PWM)
      * Nastavení frekvence a střídy (0–100 %)
      * Vyčtení reálně nastavených hodnot
    - Signálový generátor (*optional*)
      * 1 kanál (pomocí DAC pouze u vybraných modelů)
      * Nastavení frekvence, amplitudy a průběhu (*sin*, *triangle*, *square*, *saw,* *noise*)
      * Vyčtení reálných hodnot
      * Použít algoritmus DDS
    - Logický analyzátor
      * 4 kanály (GPIO), stejné piny jako u osciloskopu
      * Ukládání dat pomocí DMA do kruhového bufferu
      * *Trigger* řešen přerušením
      * Data budou místo 16bitových hodnot přenášena po bytech (8 hodnot)
    - Čítač (*optional*)
      * 1 kanál (pomocí časovače TIMX v režimu *input capture*)
      * Reciproční měření frekvence z daného počtu period
* **Software**
  + Obecné vlastnosti
    - PC GUI program ve frameworku Qt v jazyce C++
    - *Build* pro Windows, Linux a macOS (x86, amd64)
    - Jazyková lokalizace pouze do angličtiny
    - Připojení bude realizováno pomocí COM portu
    - Zvážit možnost implementovat *software upgrade* ze serveru
    - Hlavní menu bude obsahovat výběr spuštění následujících komponent
  + Osciloskop
    - Hlavní ovládání – přepínací
      * Run (kontinuální akvizice dat podmíněná nastavením spouštění)
      * Stop (akvizice vypnuta, k dispozici pouze aktuální data v bufferu)
      * Single (pouze jedno naplnění bufferu po splnění spouštěcí podmínky)
    - Hlavní ovládání – otočné
      * Časová základna (s každou změnou se zobrazí jiný výsek bufferu)
      * Vertikální zesílení
      * Horizontální pozice
      * Vertikální pozice
    - V grafu bude hlavní a sekundární mřížka, časovka a zesílení se bude nastavovat otočnými potenciometry v jednotkách *s/dílek*, resp. *V/dílek*
    - Pro každý kanál bude možnost nastavit hodnotu odporového děliče na vstupu (simulace atenuátoru v analogovém *front-endu* reálného osciloskopu) – díky tomu bude možné vyčítat z grafu reálné hodnoty napětí
    - Graf bude vždy na dvě poloviny rozdělovat vertikální čára (*pre-trigger* / *post-trigger*) a horizontální čára (prostředek měřeného napěťového rozsahu).
    - Nastavení spouštění
      * Úroveň
      * Typ hrany
        + Rising (náběžná)
        + Falling (sestupná)
      * Režimy
        + Auto (spuštění za krátký čas i pokud nebyla splněna podmínka)
        + Normal (spuštění pouze po splnění podmínky)
        + Off (spouštění vypnuto)
    - Vyhlazení křivek pomocí *sinc* interpolace
    - Možnost zobrazit kurzory s hodnotami a jejich rozdílem
    - Možnost měřit různé hodnoty (*max*, *min*, RMS, *avg*, Vpp)
    - Zobrazovat velikost bufferu, počet právě zobrazených bodů
    - Nastavovat vzorkovací frekvenci a zobrazovat její reálnou hodnotu
    - Možnost ukládat data do souboru
    - FFT režim
    - Zvážit možnost nastavení vzorkovací frekvence pro studijní účely. Velikost bufferu bude neměnná, a to ideálně vždy co největší (např. pro funkci *Zoom Out* v režimu Stop)
  + Voltmetr
    - 4 + 1 (Vdd) číselné indikátory
    - Graf záznamu měřených hodnot
    - Rozdíly napětí (V2-V1, V3-V2)
    - Možnost zobrazit kurzory
    - Možnost zapnout průměrování (pro zobrazení nebo pro záznam)
    - Možnost ukládat záznam do souboru
  + PWM generátor
    - 2 pole pro nastavení frekvence a střídy
    - indikátory pro zobrazení reálných hodnot
  + Signálový generátor (*optional*)
    - 3 pole pro nastavení frekvence, amplitudy a typu průběhu
    - Indikátory s reálnými hodnotami.
    - Zvážit implementaci arbitrážního generátoru (nakreslení křivky, přenos do MCU)
  + Logický analyzátor
    - Hlavní ovládání bude realizováno pouze pomocí tlačítek Start / Stop
    - Signál bude možné horizontálně posouvat a nastavovat časovou základnu
    - Nastavení spouštění (typ hrany, kanál)
    - Naměřená data budou automaticky konvertována na odpovídající hodnotu (*bin*, *hex*, *dec*), tato hodnota se bude zobrazovat nad signálem v horní oblasti grafu
    - Možnost zobrazit kurzory a měřené hodnoty
    - Ukládání a export dat v kompatibilním formátu (sigrok)
    - Zvážit implementaci knihovny sigrok pro dekódování dat
  + Čítač (*optional*)
    - 2 číselné indikátory (frekvence, perioda)
    - Graf záznamu měřených hodnot
    - Možnost zapnout průměrování
    - Ukládat záznam do souboru
  + Prohlížeč záznamů
* **Protokol**
  + Textový ASCII (odpověď s binárními daty bude umístěna mezi speciální ASCII znaky)
  + PC *polling* – komunikaci zahajuje PC, zařízení na každou zprávu vždy ihned odpoví
  + Budou se posílat pakty, pro každou komponentu max 1 paket. Každá komponenta odpoví na každý paket. Pakety budou zřetězeny do jedné zprávy pomocí speciálního znaku. Každý paket bude mít hlavičku a jasně definovanou strukturu příkazu i odpovědi.
  + Inspirace protokolem LEO, SCPI, GPIB
  + Zvážit přínosy implementace čistého SCPI nebo GPIB dle standardu nad vlastním návrhem