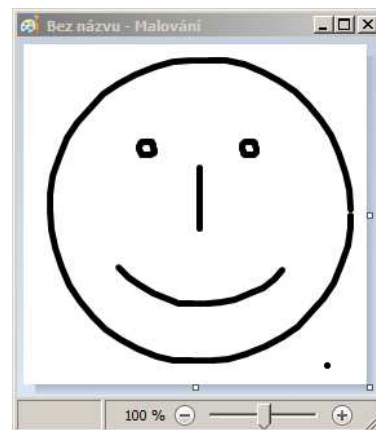




## USB myš standardu HID

### 1 Zadání

- Vytvořte projekt s podporou full-speed USB device třídy HID, integrujte příslušný middleware. Ověřte korektní enumeraci a nasimulujte pohyb myši po stisku tlačítka na vývojové desce (1b).
- Pro pohyb myši vytvořte funkci `step(int x, int y, bool btn)`, která má jako parametry skoky v obou osách a vlajku, zda je stisknuto levé tlačítko. Dále vytvořte funkci `circle(int radius)`, která pomocí myši vykreslí kružnici. S použitím uvedených funkcí vykreslete po stisku tlačítka kružnici, použijte program Malování (1b).
- Program rozšiřte tak, aby místo prosté kružnice vykreslil „smajlíka“, viz obrázek (1b).
- Extra úkol (1b): Změňte HID zařízení myš na HID složené zařízení myš s klávesnicí. Po stisku tlačítka pošlete sekvenci, která spustí Malování (Win+R, mspaint, Enter), myš nastaví do výchozí polohy a poté vykreslí „smajlíka“.



### 2 Návod

- Smyslem zavedení tříd USB zařízení bylo zjednodušit a unifikovat ovladače pro různé periferie. Třída HID (Human Interface Device) jsou zařízení, která zpracovávají signály od velmi pomalé periferie, která se nazývá člověk. Patří sem klávesnice, myši, různé herní ovladače atd.
- Zařízení třídy HID používají kromě řídicího kanálu další kanál typu Interrupt IN (směr je vždy určen vzhledem k řadiči sběrnice). Od verze USB 1.11 je možné ještě používat kanál Interrupt OUT.
- Předpokládá se přenos malého objemu dat, ale s vysokou prioritou. Ovladače HID jsou prakticky od počátku součástí všech operačních systémů. Navíc je možné využít tyto ovladače pro komunikaci v rámci libovolné aplikace (velmi podobným stylem jako sériový kanál např. ve Windows). Typické jsou aplikace, kde zařízení občas komunikuje s počítačem (např. USB teploměr, hodiny DCF atd.). Z důvodu omezení kapacity pro přenosy typu interrupt je tato třída nevhodná např. pro periferní úložná zařízení nebo multimediální data (k tomu jsou určeny třídy Mass Storage, Audio a další).
- Paket („report“) pro dále popisovanou HID myš má délku 4B. Tři spodní bity prvního bajtu jsou definovány pro tlačítka. Zbylých 5 bitů je výplň. Další dva bajty jsou posun ve směru X a Y ve formátu znaménkového 8b čísla, tj. posun je možný v kladném i záporném směru. Hodnota 0 v poli X nebo Y znamená, že v tomto směru není pohyb. Poslední bajt určuje posun scrollovacím kolečkem.

#### 2.1 USB HID myš

- Vytvořte si pracovní kopii svého repozitáře z Githubu (Git Clone), příp. aktualizujte repozitář (Git Pull).
- Založte nový projekt přes File / New / STM32 Project / Board Selector / NUCLEO-F429ZI. Budeme využívat HAL knihovny, proto ponechte Targeted Project Type na STM32Cube. Potvrďte inicializaci všech periférií do výchozího nastavení.
- Je vhodné deaktivovat nepoužívané periferie, zejména vypnout ETH (Mode: Disable), aby projekt pro začátek nebyl zbytečně komplikovaný.



## Mikrokontroléry a embedded systémy – cvičení

- Pinout: režim USB\_OTG\_FS je nastavený na Device only, v MiddleWares – USB\_DEVICE nastavte třídu Human Interface Device Class (HID)
- Veškerý kód se vkládá do bloků označených USER CODE.
- Je třeba inkudovat "usb\_hid.h" (USER CODE Includes).
- Dále potřebujeme přístup ke struktuře hUsbDeviceFS, která je definovaná v usb\_device.c:

```
extern USBD_HandleTypeDef hUsbDeviceFS;
```

- Odeslání jednoho reportu (tj. kroku) myši provede následující kód:

```
uint8_t buff[4];  
buff[0] = 0x01; // stiskni leve tlacitko  
buff[1] = (int8_t)(10); // posun X +10  
buff[2] = (int8_t)(-3); // posun Y -3  
buff[3] = 0; // bez scrollu  
USBHID_SendReport(&hUsbDeviceFS, buff, sizeof(buff));  
HAL_Delay(USBHID_GetPollingInterval(&hUsbDeviceFS));
```

- Pauza je za odeslání zařazena proto, aby bylo zaručeno odebrání reportu počítačem, který se na nové reporty dotazuje v definovaném intervalu.
- Implementujte funkce dle požadavků zadání. Pro vykreslování kružnice můžete použít goniometrické funkce sin() a cos(), které jsou součástí matematické knihovny. Pro její použití je třeba inkudovat <math.h>. V linkeru je defaultně aktivní (Tool Settings – MCU GCC linker – Libraries – Use C math library).
- Jednou z variant, jak vykreslit kružnici, je převod z polárních souřadnic. Budeme krokovat úhel  $\varphi$  při zadaném konstantním průměru  $r$  v parametrické rovnici:

$$x = r \cos \varphi$$

$$y = r \sin \varphi$$

- Vypočtené float hodnoty  $x$  a  $y$  porovnáme s předchozími int hodnotami  $sx$  a  $sy$ , vypočteme celočíselnou diferenci, která bude představovat parametry pro funkci step() a zároveň korekci hodnot  $sx$  a  $sy$ . Při krokování  $\varphi$  mezi 0 a  $2\pi$  (vhodné množství kroků je cca 50) lze takto získat úplnou kružnici.
- V případě použití typu bool je třeba inkudovat hlavičkový soubor <stdbool.h>.

## 2.2 Vykreslení „smajlíka“

- „Smajlík“ se skládá z hlavní kružnice, dvou malých kružnic (očí), čáry (nos) a oblouku (ústa). Pro implementaci oblouku lze vhodně upravit funkci vykreslení kružnice.
- Vlivem interpretace HID myši operačním systémem je závislost skoku kurzoru na předaných hodnotách v reportu nelineární (rychlejší pohyb myši skočí o více pixelů než odpovídající pomalejší pohyb).
- Na závěr proveďte commit pracovní kopie do Gitu, uložte repozitář pomocí Git Push.



## 2.3 Složené HID zařízení myš s klávesnicí (bonus)

- Je třeba použít složený deskriptor reportu pro kombinaci klávesnice a myši (editace middlewaru), čerpáno z <http://stm32f4-discovery.net/2014/09/library-34-stm32f4-usb-hid-device/>

```
__ALIGN_BEGIN static uint8_t HID_MOUSE_ReportDesc[HID_MOUSE_REPORT_DESC_SIZE] __ALIGN_END =
{
    /* 47 */
    0x05, 0x01, // USAGE_PAGE (Generic Desktop)
    0x09, 0x06, // USAGE (Keyboard)
    0xa1, 0x01, // COLLECTION (Application)
    0x85, 0x01, // REPORT_ID (1)
    0x05, 0x07, // USAGE_PAGE (Keyboard)
    0x19, 0xe0, // USAGE_MINIMUM (Keyboard LeftControl)
    0x29, 0xe7, // USAGE_MAXIMUM (Keyboard Right GUI)
    0x15, 0x00, // LOGICAL_MINIMUM (0)
    0x25, 0x01, // LOGICAL_MAXIMUM (1)
    0x75, 0x01, // REPORT_SIZE (1)
    0x95, 0x08, // REPORT_COUNT (8)
    0x81, 0x02, // INPUT (Data,Var,Abs)
    0x95, 0x01, // REPORT_COUNT (1)
    0x75, 0x08, // REPORT_SIZE (8)
    0x81, 0x03, // INPUT (Cnst,Var,Abs)
    0x95, 0x06, // REPORT_COUNT (6)
    0x75, 0x08, // REPORT_SIZE (8)
    0x15, 0x00, // LOGICAL_MINIMUM (0)
    0x25, 0x65, // LOGICAL_MAXIMUM (101)
    0x05, 0x07, // USAGE_PAGE (Keyboard)
    0x19, 0x00, // USAGE_MINIMUM (Reserved (no event indicated))
    0x29, 0x65, // USAGE_MAXIMUM (Keyboard Application)
    0x81, 0x00, // INPUT (Data,Ary,Abs)
    0xc0, // END_COLLECTION

    /* 54 */
    0x05, 0x01, // USAGE_PAGE (Generic Desktop)
    0x09, 0x02, // USAGE (Mouse)
    0xa1, 0x01, // COLLECTION (Application)
    0x09, 0x01, // USAGE (Pointer)
    0xa1, 0x00, // COLLECTION (Physical)
    0x85, 0x02, // REPORT_ID (2)
    0x05, 0x09, // USAGE_PAGE (Button)
    0x19, 0x01, // USAGE_MINIMUM (Button 1)
    0x29, 0x03, // USAGE_MAXIMUM (Button 3)
    0x15, 0x00, // LOGICAL_MINIMUM (0)
    0x25, 0x01, // LOGICAL_MAXIMUM (1)
    0x95, 0x03, // REPORT_COUNT (3)
    0x75, 0x01, // REPORT_SIZE (1)
    0x81, 0x02, // INPUT (Data,Var,Abs)
    0x95, 0x01, // REPORT_COUNT (1)
    0x75, 0x05, // REPORT_SIZE (5)
    0x81, 0x03, // INPUT (Cnst,Var,Abs)
    0x05, 0x01, // USAGE_PAGE (Generic Desktop)
    0x09, 0x30, // USAGE (X)
    0x09, 0x31, // USAGE (Y)
    0x09, 0x38, // USAGE (Wheel)
    0x15, 0x81, // LOGICAL_MINIMUM (-127)
    0x25, 0x7f, // LOGICAL_MAXIMUM (127)
    0x75, 0x08, // REPORT_SIZE (8)
    0x95, 0x03, // REPORT_COUNT (3)
    0x81, 0x06, // INPUT (Data,Var,Rel)
    0xc0, // END_COLLECTION
    0xc0, // END_COLLECTION
};
```

- Změnit HID\_MOUSE\_REPORT\_DESC\_SIZE na novou délku 101.
- Konfigurační deskriptor USB\_D\_HID\_CfgFSDesc: změnit bInterfaceSubClass na 0, nInterfaceProtocol na 0.
- Report posílaný v step() rozšířit o první bajt, který nese ID reportu, pro myš 0x02.
- Zvýšit čekání na minimálně dvojnásobek polling intervalu (čtou se nyní dva reporty).
- Report klávesnice je dlouhý 9 bajtů: ID reportu (klávesnice 0x01), ovládací klávesy (0x01 L\_CTRL, 0x02 L\_SHIFT, 0x04 L\_ALT, 0x08 L\_WIN, 0x10 R\_CTRL, 0x20 R\_SHIFT, 0x40 R\_ALT, 0x80 R\_WIN), padding (vždy 0x00), šest scankódů stisknutých kláves.
- Report je třeba poslat jednou při stisku klávesy a podruhé při jejím uvolnění. Je vhodné zvýšit pauzu po odeslání reportu na několikanásobek polling intervalu.
- Scankódy kláves naleznete např. zde: <http://www.mindrunway.ru/IgorPIHex/USBKeyScan.pdf>