

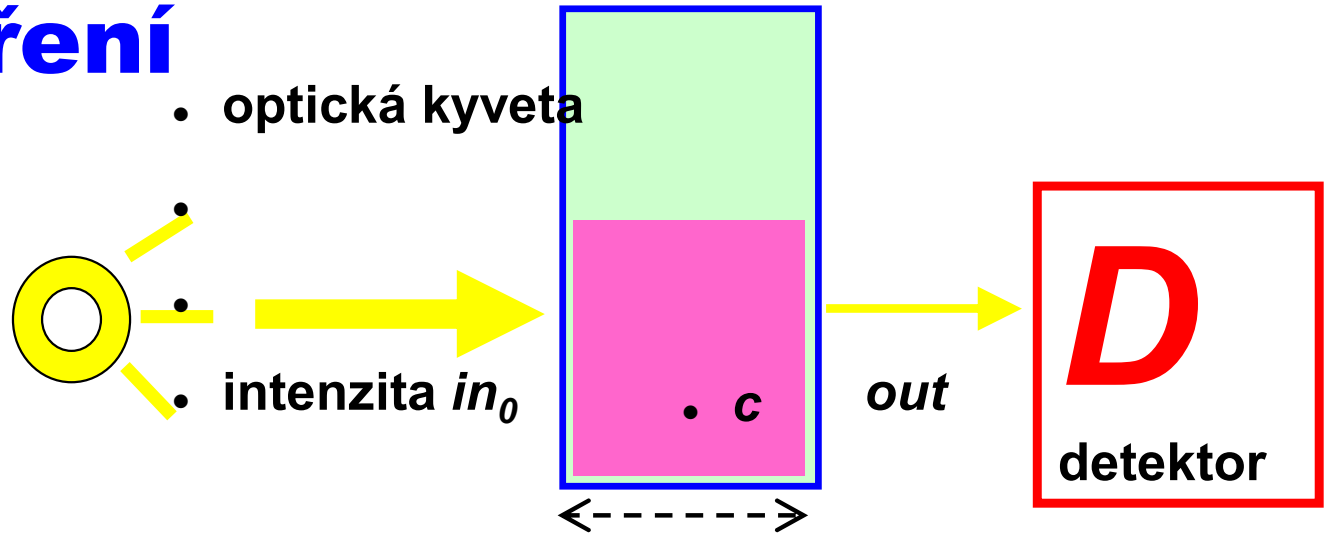
Fotometrie – konkrétní příklad k řešení

- asi nejběžnější bioanalytický systém
- zdroj světla, absorpce – pokles intenzity při průchodu květou se vzorkem, detektor intenzity prošlého světla
- pokročilé měření intenzity světla fotodiodou – součástka s drobnou elektronikou nebo modul
-
- 1) koncepce bezdrátově ovládaného fotometru
- 2) integrovaný modul spektrofotometru

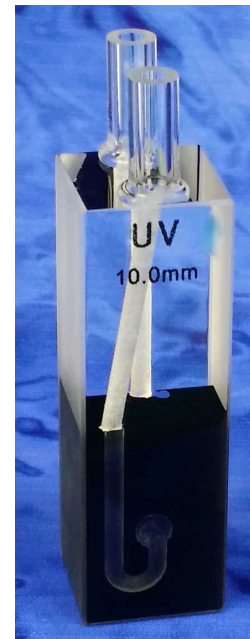
Schéma měření

$$A = \varepsilon c l$$

Lambert-Beerův zákon



- **detektor** – měření dobré intenzity světla (ve srovnání s fluorimetrií či chemiluminometrií)
- **fotodioda**, (fotoodpor – levné systémy)
- průtočné uspořádání, mikrodestička, v mikrokapce (Nanodrop)



Dílčí celky řešení

- **co bude zdrojem světla**
- **co bude detektorem**
- **jaký mikrokontroler**
- **způsob komunikace**
- **potřebujeme display?**
- **jak se bude napájet**
- **ovládací sw (arduino)**
- **vnější sw pro zobrazení a záznam dat**
- **optická konstrukce a kyveta**
- **mechanická krabička**

Zdroj světla

- standardně – lampa halogenová, deuteriová (pro UV), xenonová výbojka ... velké, drahé, energeticky náročné
- pro přenosný systém – LED nebo laserová LED

Zdroj světla

- standardně – lampa halogenová, deuteriová (pro UV), xenonová výbojka ... velké, drahé, energeticky náročné
- **LED** – škála poskytující různé barvy (tj. vlnové délky), širší pásmo
- dnes i **UV LED** běžně existují (drahé...)
- **RGB LED** – kombinace ze tří barev
- světelný výkon – dle očekávaných A
- úhel vyzařování – raději úzký
- **Laser LED** – výkon, jen několik vln. délek 407, 532, 650 nm

LED P/N Suffix	Description	Chemistry	# of Elements	Color Temperature (CCT Typ)	Peak Wavelength (λ / x-coord)
H	High Efficiency Red	GaP	2	~	700
SR	Super Red	GaAlAs	3	~	660
SR	Super Red	AllnGaP	4	~	660
SI	Super High Intensity Red	AlnGaP	4	~	636
I	High Intensity Red	GaAsP	3	~	635
ZI	TS AllnGaP Red	AllnGaP	4	~	640
SO	Super Orange	AllnGaP	4	~	610
A	Amber	GaAsP	3	~	605
SY	Super Yellow	AllnGaP	4	~	590
ZY	TS AllnGaP Yellow	AllnGaP	4	~	590
Y	Yellow	GaAsP	3	~	590
SUG	Super Ultra Green	AllnGaP	4	~	574
G	Green	GaP	2	~	565
SG	Super Green	GaP	2	~	565
PG	Pure Green	GaP	2	~	555
UPG	Ultra Pure Green	InGaN	3	~	525
UEG	Ultra Emerald Green	InGaN	3	~	500
USB	Ultra Super Blue	InGaN	3	~	470
UV	Ultra Violet	InGaN	3	~	410
SUV	Super Violet	InGaN	3	~	380
T	Turquoise	InGaN	3	~	0.19
V	Violet / Purple	InGaN	3	~	0.22
P	Pink	InGaN	3	~	0.33
MW (Warm)	Warm White	InGaN	3	3000K	~
NW (Neutral)	Neutral White	InGaN	3	4000K	~
UW (Cool)	Cool White	InGaN	3	6000K	~

Možnosti a formát

- odkud: elektroshop (GM), velkosklad na webu (TME, Farnell, Digikey, ...), renomovaní výrobci (Thorlabs, Edmund Optics, Roithner)



- ▶ LEDs in the UV, Visible, or IR Spectral Ranges
- ▶ Broadband Light Sources
- ▶ Compatible with Versatile LED Mounts



Application Idea

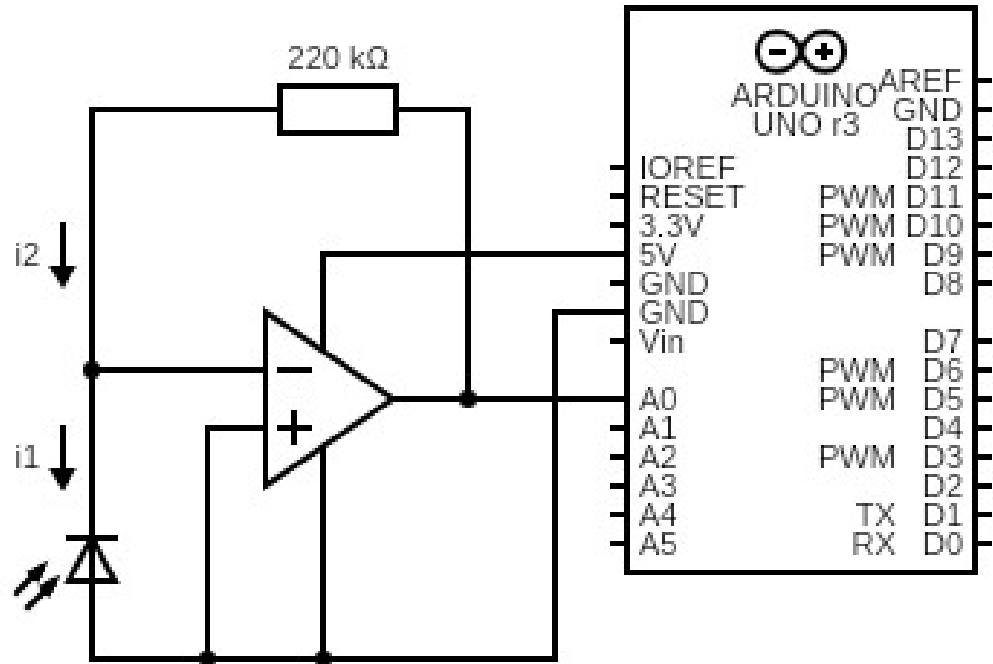
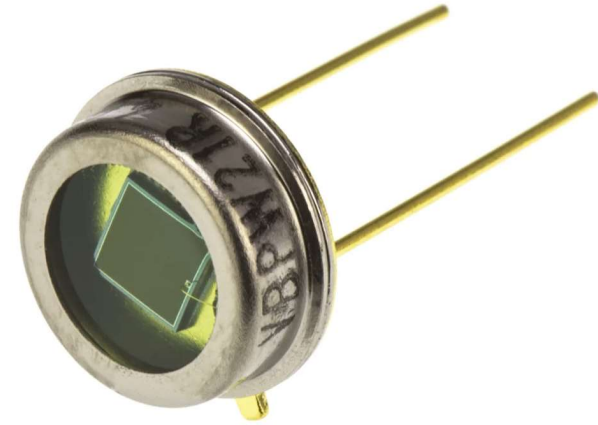
TO-18 LED Shown in LEDMF Mount (Post Not Included)



255-340 nm 300 Eur
375-1600 nm 10-20 Eur

Detektor / fotodioda

- dle oblasti vlnových délek, pro VIS BPW21
- osvětlení vyvolá proud – my ale chceme měřit napětí – použijeme operační zesilovač ve funkci transimpedančního zesilovače
- výstupní napětí je úměrné intenzitě světla
- lze užít třeba OZ MCP6022
- chceme napájet pouze z +5 V
- „rail to rail“ funkce – plné využití rozsahu
- odpor 220 Ohm ve zpětné vazbě určuje citlivost (větší = vyšší, ideálně přepínatelný)



Detektor - modul

- **TSL2591** - fotodiody doplněná obvodem zesilovače, A/D převodníkem, I2C přenosovou jednotkou poskytnou digitální data
- kombinuje dvě fotodiody - širokopásmovou (pro VIS, IR) a IR, navíc umožní určit úroveň osvětlení v obrovském rozsahu 1 : 6×10^8 / 188 μ Lux až 88 000 Lux
- lze nastavit **zesílení** LOW 1x MED 25x HIGH 428x gain a **integrační čas** 100, 200, 300, 400, 500, 600 ms – kombinace pak určí dynamický rozsah; nejcitlivější pro 428x a 600 ms
- připojí se standardně I2C – GND, Vin 3.7 až 5 V, SDA, SCL
- užší vymezení detekovaných vlnových délek – předradí se **filtr** (band-pass) vymezí žádaný interval
- zaostření – čočka, (objektiv)



Xiao – TSL2591

```
#include <U8x8lib.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "Adafruit_TSL2591.h"

U8X8_SSD1306_128X64_NONAME_HW_I2C u8x8(/* reset=*/ U8X8_PIN_NONE);
Adafruit_TSL2591 tsl = Adafruit_TSL2591(2591); // pass number for the sensor identifier
char buf[10],flt[10]; float t;

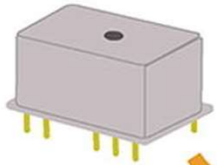
void setup(void) {
  u8x8.begin(); u8x8.setPowerSave(0); u8x8.setFont(u8x8_font_amstrad_cpc_extended_r);
  Serial.begin(9600); Serial1.begin(9600); // BT HC06, pin 1234
  if (tsl.begin()) { Serial.println("Found a TSL2591 sensor"); }
  else { Serial.println("No sensor found ... check your wiring?"); while (1); }
  tsl.setGain(TSL2591_GAIN_MED); // LOW 1x MED 25x HIGH 428x gain
  tsl.setTiming(TSL2591_INTEGRATIONTIME_300MS); // 100, 200, 300, 400, 500, 600
}

void loop(void) {
  u8x8.clear(); uint16_t x = tsl.getLuminosity(TSL2591_VISIBLE); //dtostrf(x,5,1,flt);
  sprintf(buf, "%d",x); u8x8.drawString(1,0,buf);
  Serial.println(buf); Serial1.println(buf); delay(1000);
}
```

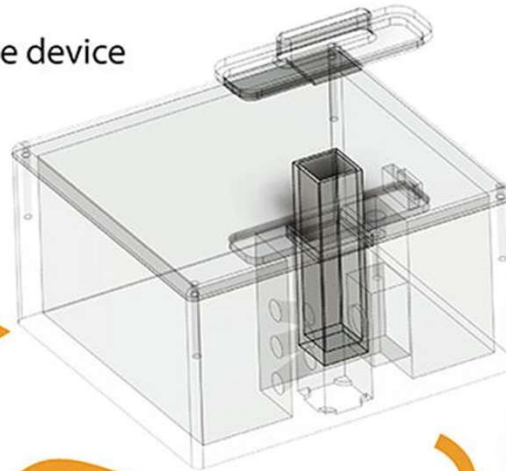
Spektrum?

- ano ... Hamamatsu CMOS modul

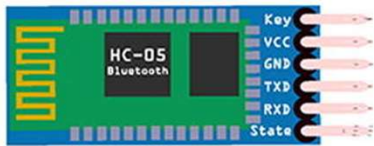
Mini spectrometer



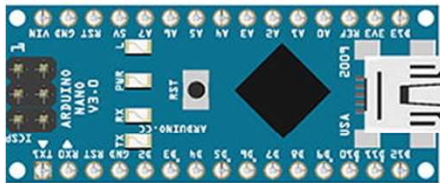
3D design of the device



Bluetooth module



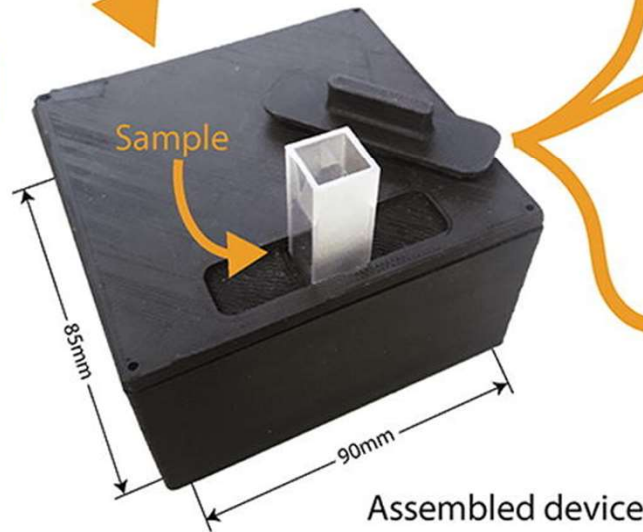
Nano microcontroller



Power source

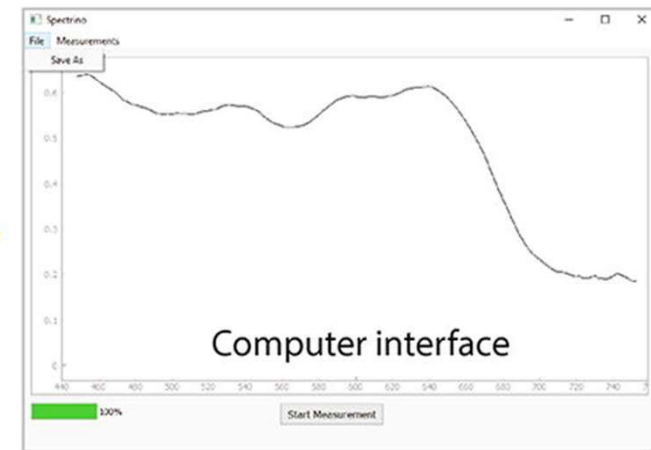
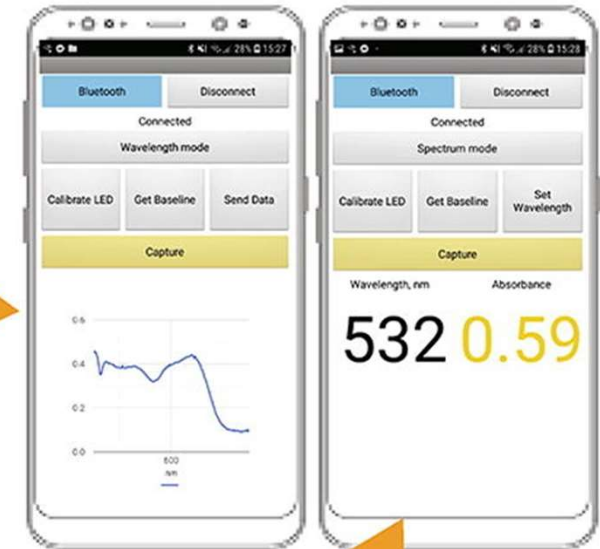


LED



Assembled device

Smartphone application

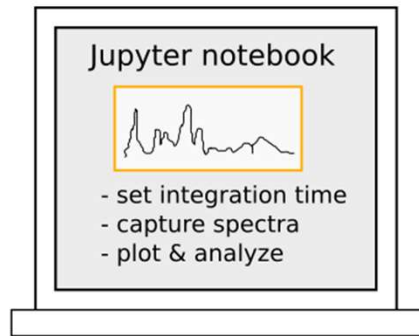


C12880

- high-sensitivity, ultra-compact (fingertip sized) spectrometer head for long wavelength region (340 to 850 nm, spectral resolution: 15 nm)
- hermetically sealed packaging - improved humidity resistance
- suitable for integration into a variety of compact devices
- size: 20.1 × 12.5 × 10.1 mm, weight: 5 g



laptop / PC / Raspberry Pi



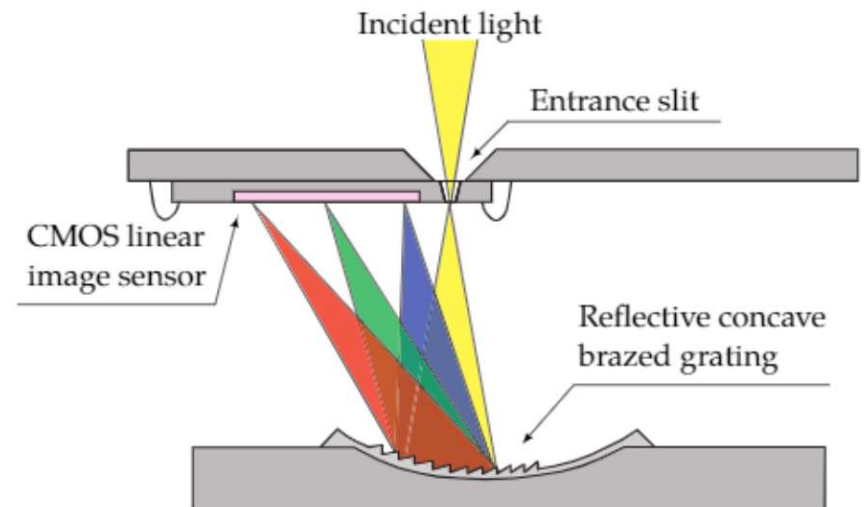
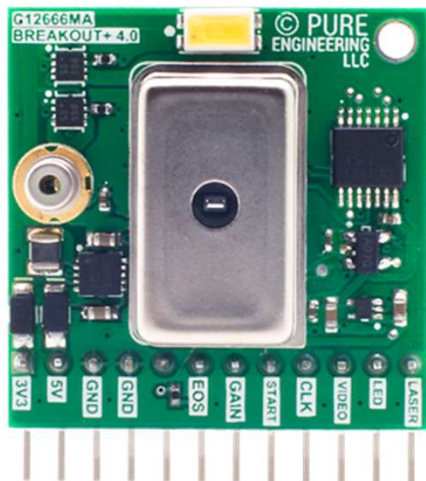
USB
"SerialCommand"
protocol

micro-
controller

DIO
DIO
DIO
AIO
PWR
GND

C12880

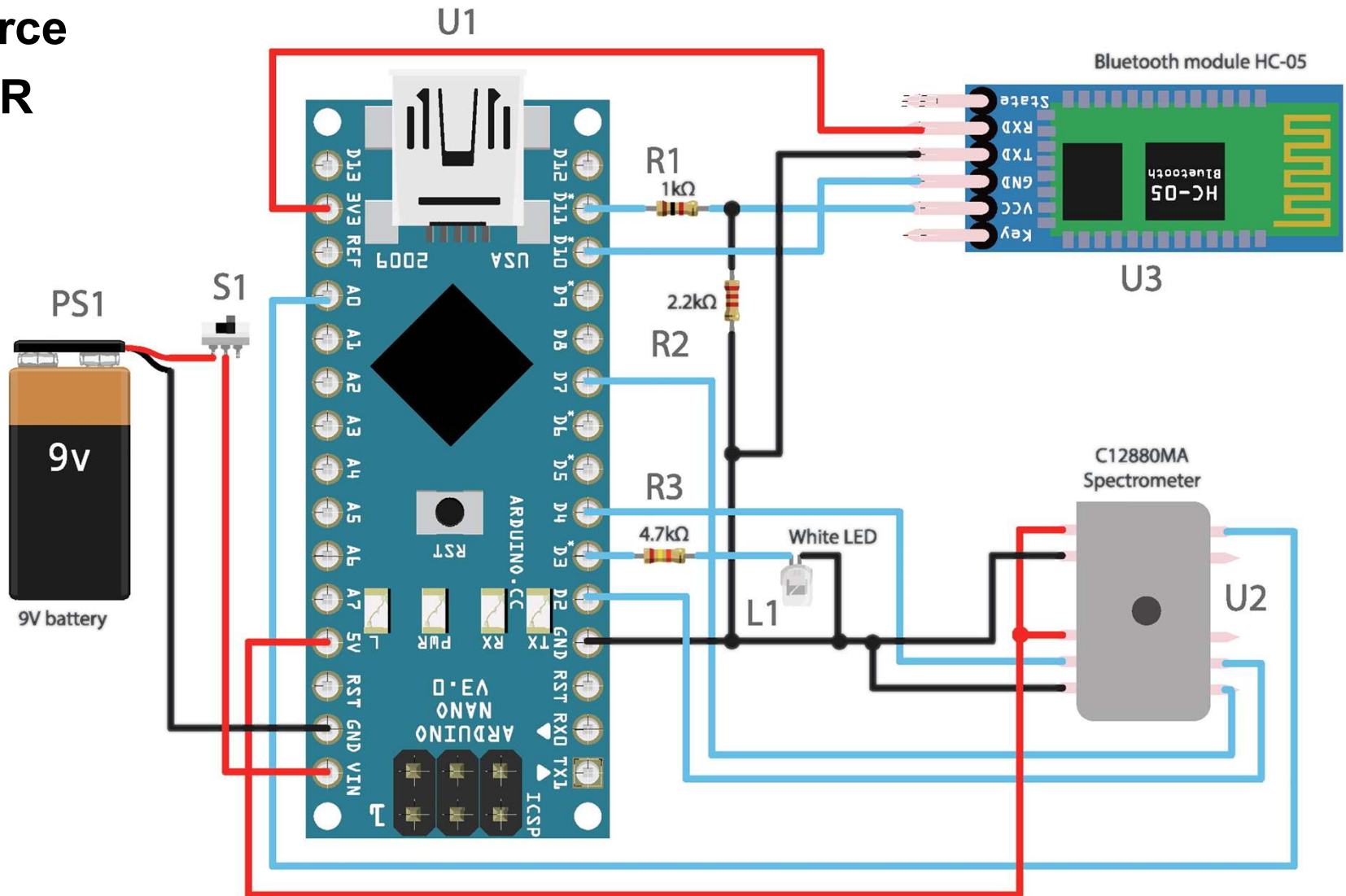
TRG
ST
CLK
VIDEO
PWR
GND



Spektrofotometr

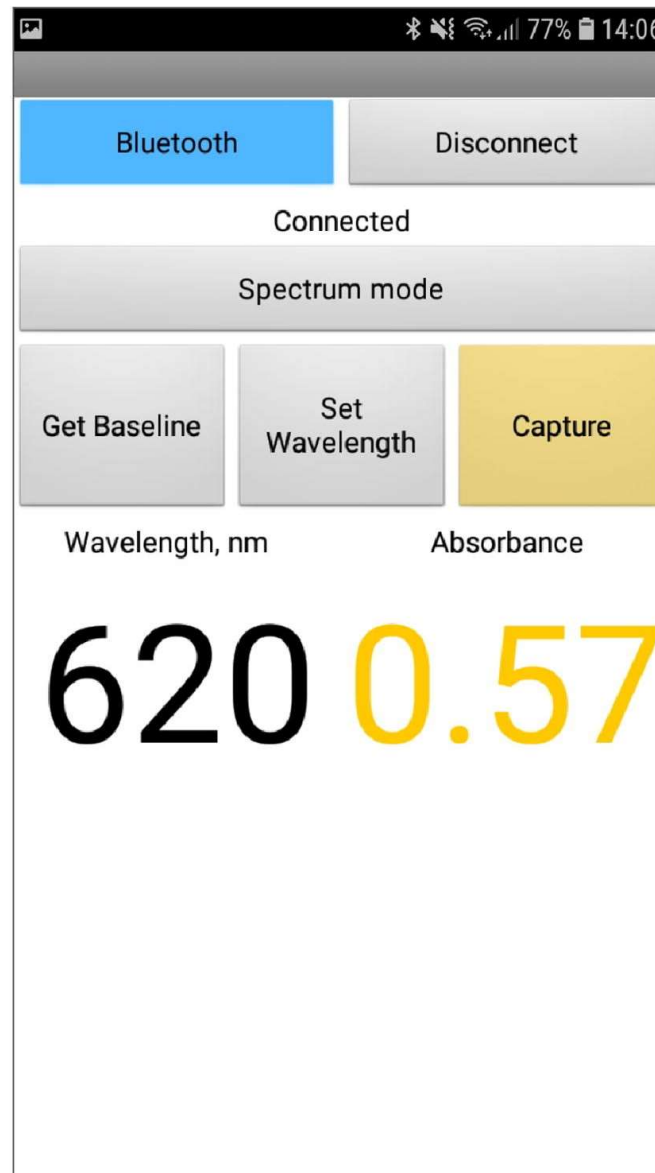
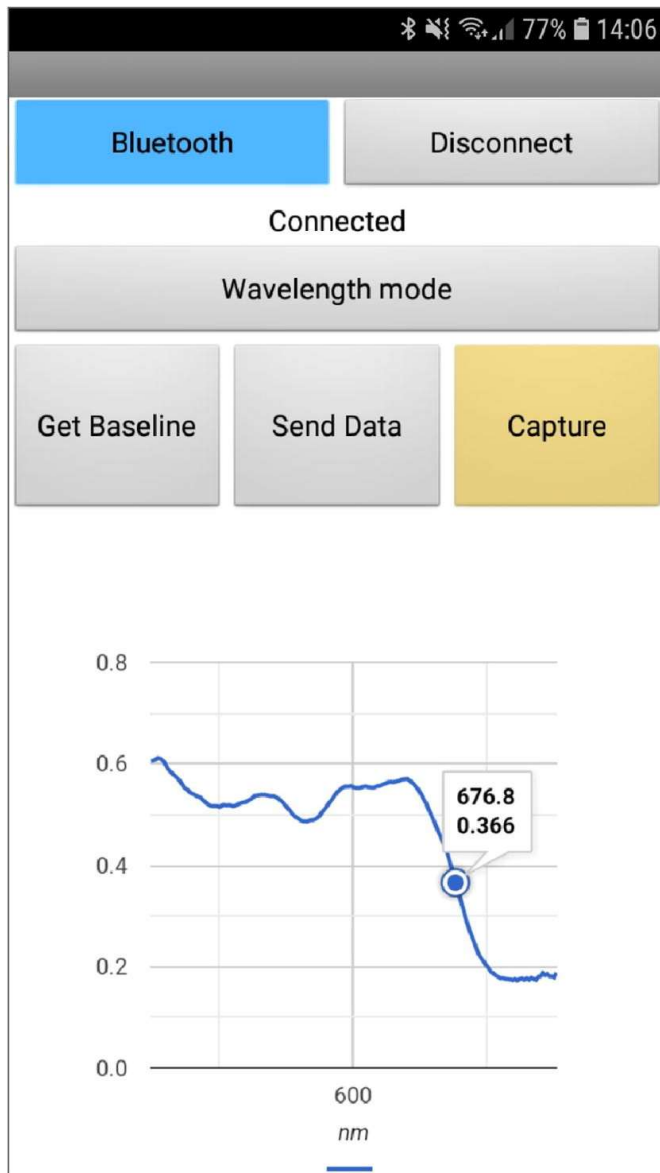
<https://doi.org/10.1016/j.ohx.2020.e00108>

- základem miniaturní modul C12880 od Hamamatsu
- ovládání přes BT smartphonem – významné zjednodušení
- Open Source
- Za 225 EUR



Aplikace do Androidu

- naprogramováno ve webovém IDE MIT AppInventor 2



Designer

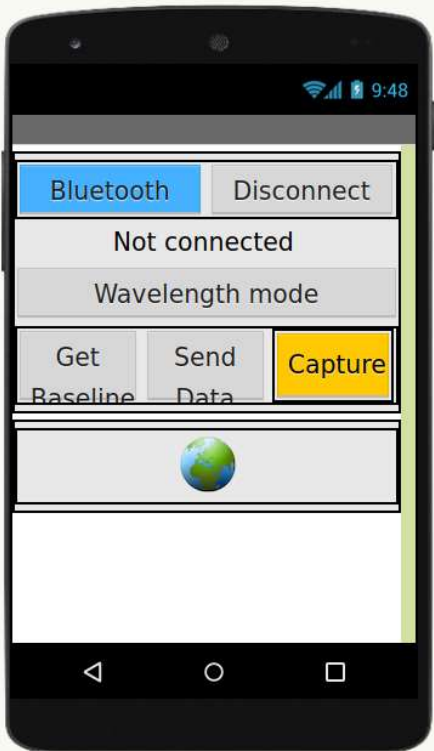
ai2.appinventor.mit.edu/#4795689910272000 170%

MIT APP INVENTOR Projects Connect Build Settings Help My Projects View Trash Guide Report an Issue English skladal@chemi.muni.cz

OSMS Screen1 Add Screen ... Remove Screen Publish to Gallery Designer Blocks

Palette Search Components... User Interface Button, CheckBox, DatePicker, Image, Label, ListPicker, ListView, Notifier, PasswordTextBox, Slider, Spinner, Switch, TextBox, TimePicker

Viewer Display hidden components in Viewer



Bluetooth Disconnect
Not connected
Wavelength mode
Get Send Capture
Baseline Data

Non-visible components BluetoothClient1 Clock1 ChartMaker1 ActivityStarter1

Components Screen1 VerticalArrang, VerticalArrang, HorizontalA, Bluetoothl, Disconnect, Connection, Mode, HorizontalA, CalibrateL, GetBaselir, SetWavele, SendData

Media osms.png Upload File ...

Properties Screen1 AboutScreen, AccentColor Default, AlignHorizontal Center : 3, AlignVertical Top : 1, AppName OSMS, BackgroundColor Default, BackgroundImage None..., BigDefaultText, BlocksToolkit All, CloseScreenAnimation Default, DefaultFileScope App

Blocks

OSMS Screen1 ▾ Add Screen ... Remove Screen Publish to Gallery Designer Blocks

Blocks

- Built-in
 - Control
 - Logic
 - Math
 - Text
 - Lists
 - Dictionaries
 - Colors
 - Variables
 - Procedures
- Screen1
 - VerticalArrang
 - VerticalArrang

Rename Delete

Media

osms.png
Upload File ...

⚠ 2 ✖ 0
Show Warnings

Viewer

Viewer

Záznam spektra

```
when Capture.Click do call spectrum
```

```
initialize global values to "0"  
initialize global labels to ""  
initialize global fake to ""
```

```
to spectrum do  
  set global values to ""  
  if BluetoothClient1.IsConnected and call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive > 0  
  then  
    call delay  
    set global fake to call BluetoothClient1.ReceiveText numberOfBytes call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive  
  call BluetoothClient1.SendText text "5"  
  call delay  
  while test BluetoothClient1.IsConnected and call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive = 0  
  do  
    call delay  
  if BluetoothClient1.IsConnected and call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive > 0  
  then  
    call delay2  
    set global values to call BluetoothClient1.ReceiveText numberOfBytes call BluetoothClient1.BytesAvailableToReceive  
  call ChartMaker1.DrawLineGraph  
    chartTitle ""  
    hAxisTitle "nm"  
    vAxisTitle ""  
    labels list from csv row text get global labels  
    values list from csv table text get global values  
    webViewer WebView1  
  call delay
```