

LABORATORNÍ CVIČENÍ 09 - Pojítka s optickým přenosem audiosignálu přes optické spojení (B2B33EKP - Elektronika a komunikace prakticky)

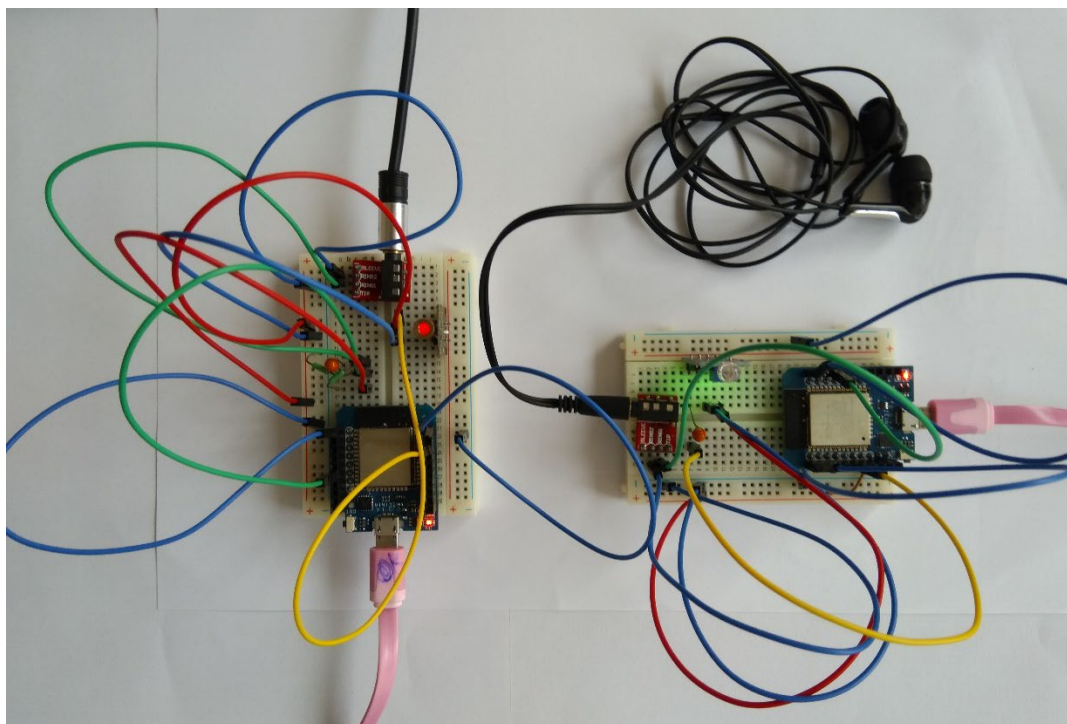
Obsah

Úloha pro demonstraci digitalizace signálu, zejména však jeho přenos v základním pásmu pomocí optického pojítka s LED/laserem a fotodiodou. V této úloze studenti částečně pracují ve dvojicích.

Bezpečnostní varování:

Z bezpečnostních důvodů při použití sluchátek k poslechu signálu využívejte vždy nejnižší použitelnou hlasitost. Tu nastavte i na začátku každého pokusu, a až postupně ji zvyšujte. Předejdete tak poškození sluchu (a nebude rušit své kolegy).

Na tuto úlohu je též vhodné donést si vlastní sluchátka (hygienické doporučení).



Obr.1 – Zapojení na nepájivém poli

Způsob (bezdrátového) přenosu informace

V dnešním cvičení si ukážeme jen nejzákladnější bezdrátový přenos. Signálem v základním pásmu bude amplitudově modulovaný optický paprsek. Jen krátce si připomeňme/vysvětleme, co to znamená.

Obvyklé signály kolem nás, zde zejména zvukový signál, můžeme označit jako signály v základním pásmu. Nacházejí se v pásmu jednotek kHz (zvuk), ale i MHz (obraz, ...). Signál v základním pásmu je ale třeba i jakýkoli datový tok (binárních dat).

Typický přenos rádiovým médiem zcela nevylučuje přímo přenos takového signálu. Vzhledem k výše uvedeným frekvencím by to však bylo krajně nevhodné. Potřebovali bychom velmi rozměrné antény (jejich rozměr se odvíjí

právě od použité frekvence přenosu). Zejména bychom ale nedokázali rozlišit větší počet různých signálů, uživatelů, všichni by se vzájemně rušili.

Z tohoto důvodu, pro rádiový přenos, signál tzv. modulujeme na vyšší, tzv. nosnou, frekvenci. (Dnes i desítky, stovky GHz. Pro mnoho aplikací, kvůli šíření těchto vln, dávají význam desítky, stovky MHz. Speciální aplikace však vyžadují i kHz.) Modulací je velmi mnoho, vždy však mají stejný základ. A to ovlivňování buď amplitudy, nebo fáze (respektive frekvence – neboť fáze a frekvence jsou vzájemně svázány integrací/derivací) nosné vlny, či obojím dohromady. Lze tak popsat nejsložitější analogové i digitální modulace, jako QAM (kvadrurně-amplitudová), či modulační techniky jako Spread spectrum či OFDM komunikaci. Matematickému vyjádření, popisu se budeme věnovat v předmětech vyšších ročníků.

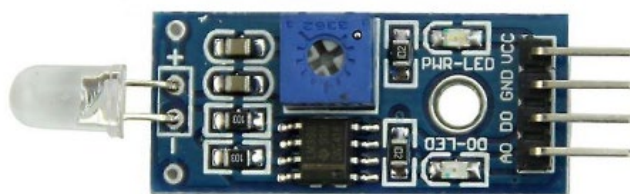
Naprosto stejná situace však nastává i při přenosu ne rádiovým, ale optickým signálem. Ve skutečnosti se v obou případech jedná o stejný princip – elektromagnetickou vlnu. Jen s jinou frekvencí, resp. vlnovou délkou. Optický přenos se používá zejména v optických vlnovodech (tzv. optických vláknech), dnes ale i volným prostorem (například i pro komunikaci družic). Stejně modulační techniky, jinými prostředky - elektrooptickými systémy, lze dnes uplatnit i na optickou nosnou vlnu.

Jelikož námi používaný, jednoduchý typ zdroje světla i fotodetektor – fotodiody, nejsou šířkou pásma modulace optimalizovány na vysoké frekvence, nebudeme modulovat přímo optickou vlnu, ale celý svit, amplitudu. To nám tedy umožní přenos zvukového signálu prakticky jen v základním pásmu. Pro naše úvodní experimenty, motivací je to však vyhovující.

Fotodiody, LED diody

Obě součástky jsou polovodičové s PN přechodem. LED dioda je světelným zdrojem, fotodiody detektorem. Detaily o konstrukci budou probírány v jiných předmětech, nás dnes zajímá zejména použití, připojení do obvodu a nastavení pracovního bodu.

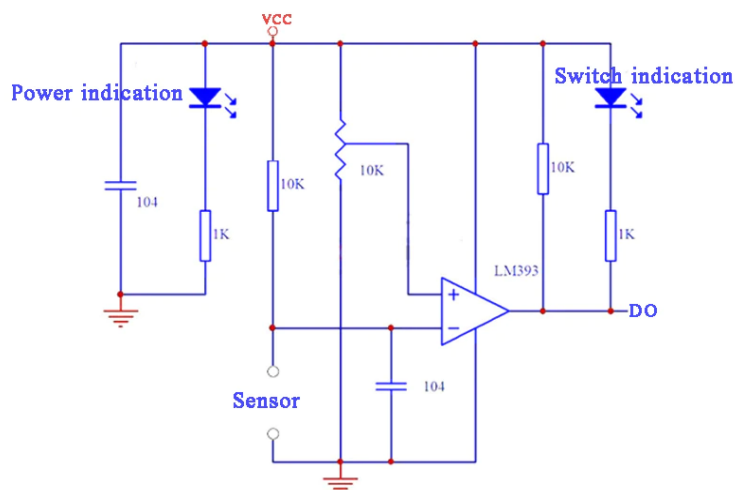
U LED diody je situace jednodušší, její VA charakteristika a připojení bylo probírána dříve. Důležité je tak tedy připomenout, že LED nikdy nepřipojujeme napřímo, vždy přes nějaký předřadný (sražecí) odpor, vždy v propustném směru.



Obr.2 – Modul fotodiody - foto

Fotodiody je mírně složitější, používáme však zcela stejné metody návrhu, podobnou VA charakteristiku. Neprovádíme ji však zpravidla v propustném směru (kdy se chová jako slabý napěťový zdroj – provozní režim blízko článku fotovoltaického panelu), ale v závěrném směru (kdy se působením světla na přechod ten začne otevírat).

V našem případě však používáme celý modul, máme fotodiodu již zapojenou. Viz schéma. Fotodiody je tam na místě označeném jako „Sensor“. Pracovní bod nastavuje jen rezistor 10 kΩ, výstup z tohoto děliče Sensor-rezistor je vyveden na pin „AO“ (analogový signál). Další součástky, děliče a operační zesilovač slouží jako komparátor, na digitálním výstupu „DO“ umožňují měnit diskretně stav podle hladiny vnějšího osvětlení (vzhledem k nastavení trimru).

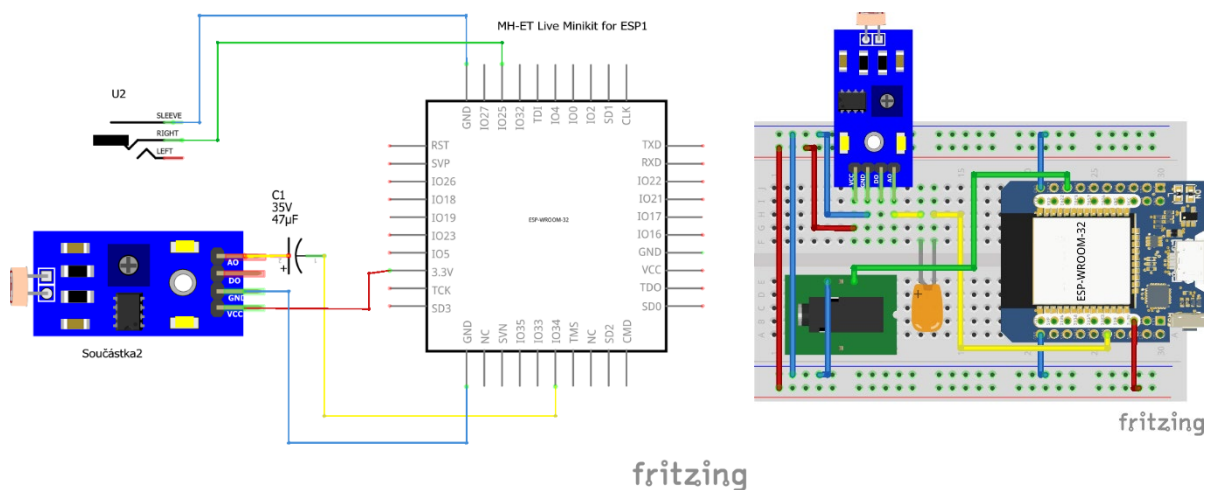


Obr.3 – Modul fotodiody – schéma

Úkol 1 – Připojení fotodiody k AD převodníku – „Přijímač“

V prvním pokusu sestavíme obvod, který bude modelovat přijímač optického signálu. Analogový výstup modulu fotodiody bude vzorkován interním AD převodníkem, aby následně DA převodníkem byl opět převeden na analogový signál, ale elektrický, pro sluchátka.

Poznámka: Prakticky by pro realizaci tohoto pokusu nebyl třeba ESP32 modul s převodníky, stačil by jen zesilovač. V našem experimentu ale modul využijeme. Volitelně tak navíc můžeme zopakovat některé experimenty z předchozích pokusů se vzorkováním.



Obr.4 – „Přijímač“ – připojení fotodiody

Obvod sestavíme a nahrajeme program níže. Kód se prakticky neliší od předchozího cvičení na vzorkování signálu. Cyklicky vzorkuje signál AD převodníkem na vstupu a stejné hodnoty (jen posunuty o 4 bity, tj. vyděleny 16, kvůli menšímu, 8 bitovému, rozlišení DA převodníku) posílá do DA převodníku na výstup, do sluchátek.

Vzorový kód:

```
#include <Arduino.h>

#define ADC0 34
#define DAC0 25

uint data = 0;

void setup() {

    pinMode(ADC0, INPUT);
    pinMode(DAC0, OUTPUT);

}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

    data = analogRead(ADC0);
    //analogReadResolution(8);
    dacWrite(DAC0,data >> 4);
    //delay(1);

}
```

Než zapojíme vysílač signálu a vyzkoušíme celý přenos, vyzkoušíme si s tímto přijímačem, jak reaguje na okolní světlo.

Úkol:

Po připojení a nasazení sluchátek pravděpodobně nic neslyšíte (krom drobného rušení vzniklého v AD, DA převodníku ESP32). Nejprve zkusíme fotodiodu osvětlit silnějším denním světlem nebo světlem ze žárovky (musí jít o klasickou žárovku). Poté ji zkusíme osvětlit ze zářivkového tělesa (například zářivky na stropě), nebo moderní LED lampy. Můžeme zkusit i LED osvětlení z mobilního telefonu, jeho blesk.

Napište zde, jaký zásadní rozdíl jste mohli pozorovat (slyšet). Dokážete vysvětlit? :

(zde je místo na Vaši odpověď)

Jako poslední pokus, na fotodiodu namiřte dálkový ovladač (např. dataprojektoru). Napište zde, co slyšíte. Dokážete vysvětlit? :

(zde je místo na Vaši odpověď)

Úkol 2 – Připojení LED/laseru k DA převodníku – „Vysílač“ – ověření přenosu zvukového signálu

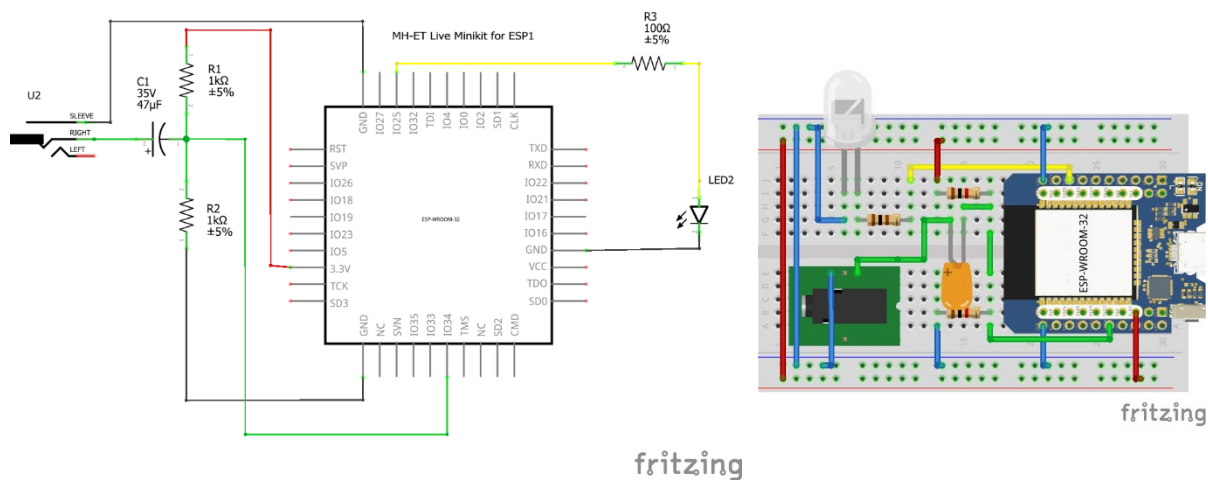
Spolu se svým kolegou (kolegyní) nyní přestavte jeden z Vašich obvodů na obvod níže. Rozdíl je jen v tom, že na vstup AD převodníku nejde signál z fotodiody, ale mono signál hudby z PC. A naopak na výstup DA převodníku nejsou připojena sluchátka, ale (přes rezistor) LED. Obvod modeluje jednoduchý vysílač.

Úkol:

V zapojení je třeba před LED diodu připojit předřadný (srážecí) odpor. Uvedte níže vztah a výpočet jakým jste došli k hodnotě předřadného rezistoru LED.

(zde je místo na Vaši odpověď)

Zapojení:



Obr.5 – „Vysílač“ – připojení vysílací LED

Do přípravku poté nahrajeme kód níže. Od předchozího kódu se drobně liší jen ofsetem „127“ a posuvem o 5 bitů. Offset je z toho důvodu, že je třeba alespoň částečně se výstupní napětím DA převodníku posunout do pracovního bodu LED, ve kterém bude svítit i při malém napětí na vstupu (slabé zvuky). Posuv o pět bitů je zase z důvodu omezení překročení počtu osmi platných bitů DA převodníku při zavedení offsetu.

Vzorový kód:

```
#include <Arduino.h>

#define ADC0 34
#define DAC0 25

uint data = 0;

void setup() {

    pinMode(ADC0, INPUT);
    pinMode(DAC0, OUTPUT);

}
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

    data = analogRead(ADC0);
    //analogReadResolution(8);
    dacWrite(DAC0,(127 + (data >> 5)));
    //delay(1);
}
```

Úkol:

Obě zařízení zprovozněte. Do vysílače připojte signál ze zvukové karty PC a ověřte, že LED dioda svítí. Přesvědčte se, že když je přehráván zvukový signál (nejlépe monofonní [zvuk](#)) tak i drobně mění svůj svit.

Poté obě zařízení dejte, přidržte proti sobě tak, aby světlo LED dopadalo na fotodiodu. Ověřte, že ve sluchátkách přijímače slyšíte přehrávanou hudbu.

V rámci tohoto experimentu můžete dále experimentovat se zastíněním, různým úhlem, vzdáleností přípravků, či vlivem okolního osvětlení – stálého a pulzního.

V druhé půlce úkolu vyměňte LED za dodaný kus laserového modulu a pokus opakujte. Stručně popište, co za pokus jste zrealizovali, jaký byl rozdíl mezi LED a laserem.

(zde je místo na Vaši odpověď)

Poznámka: V případě problémů je možné pokusně kity (DA -> AD) též propojit vodičem (nezapomenout spojit i země!).

Závěr

Studenti si v tomto cvičení vyzkoušeli novou součástku, fotodiodu, a práci s ní. Pomocí ní, LED diody a kitu ESP32 si sestavili velice jednoduchý přenosový řetězec audiosignálu.