

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra technické a informační výchovy



Bakalářská práce

Tomáš Zdařil

**Edukační model čítače impulsů s využitím integrovaného obvodu
7490**

Olomouc 2021

vedoucí práce: doc. Ing. Čestmír Serafín, Dr.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Edukační model čítače impulsů s využitím integrovaného obvodu 7490“ vypracoval samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato bakalářská práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Datum:

.....

Tomáš Zdařil

Rád bych touto formou poděkoval panu doc. Ing. Čestmíru Serafinovi, Dr.
za trpělivost a cenné rady, které mi poskytoval při vedení mé bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	5
1. Integrované obvody	6
1.1. Výroba, konstrukce a vlastnosti integrovaných obvodů	7
2. Použité integrované obvody.....	12
2.1. NE555	12
2.2. Čítač 7490	19
2.3. Dekodér 7447	26
2.4. Segmentový LED displej	29
2.5. Kompletní schéma zapojení čítače.....	32
3. Edukační využití	33
4. Praktické zapojení na nepájivém poli	35
4.1. Seznam součástek.....	35
4.2. Zapojování krok po kroku.....	35
4.3. Rozšíření čítače impulsů	44
4.4. Schéma rozšířeného edukačního modelu čítače impulsů.....	48
5. Realizace čítače impulsů na desce plošných spojů	49
6. Měření elektrických veličin na nepájivém poli.....	51
7. Edukační cíle při realizaci modelu čítače impulsů	58
Závěr	61
Použité zdroje a literatura	63
Seznam obrázků	65
Seznam tabulek	67
Přílohy.....	68
Anotace	75

Úvod

Žijeme v době neustálého pokroku technologií. Sám ani nevím, zda znám někoho, kdo by neměl televizi, mobil či počítač. Všechna tato zařízení jsou však v jádru složena z obrovského množství součástek. Co je třeba procesor? Procesor většina lidí zná, je to tak zvané srdce počítače. Avšak víte, kdo nebo co bylo předchůdcem procesoru? Předchůdcem procesoru byl integrovaný obvod.

Integrované obvody jsou zastoupeny v širokém spektru přístrojů a zařízení, se kterými se v životě velice často setkáváme. Dá se říct, že nás tyto elektronické součástky provází celým životem, avšak málokdy si uvědomujeme, že jsou z nich všechna ta zařízení složena a využívají jejich funkci.

Uvedu zde příklad. Co třeba digitální hodiny? Myslíte si, že se v nich nachází integrované obvody? No jistě, že ano. Dle mého názoru je však samotné sestavení digitálních hodin jako edukační ukázka pro studenty druhého stupně ZŠ poměrně složitá záležitost. Jde však sestavit jednodušší obvod, na němž by se princip funkce různých integrovaných obvodů předvedl a studenti by si obvod zvládli zapojit? Zastávám názor, že jde. Mou snahou v následujících stranách bude Vás touto problematikou provést.

1. Integrované obvody

Píše se rok 1958 a americký inženýr Jack Clair Kilby předvádí první funkční model integrovaného obvodu. Tehdejší vývojáři měli za úkol zefektivnit výrobu složitějších elektrických obvodů za předpokladu, že nedojde ke snížení spolehlivosti. Tehdy dostal J. Kilby nápad, že by se místo pájení a vyhotovování složitých výrobků se spoustou součástek mohl výrobek už rovnou se součástkami (aktivními i pasivními) vytvořit. Takovým způsobem, že by součástky byly už rovnou na povrchu polovodičových destiček a výrobek by byl po vytvoření už připravený k použití. Tento nápad později rozvinul a za dva týdny sestrojil první integrovaný obvod. (redakce Elektro, 2009, s. 61)

Druhý v řadě badatelů byl Robert Noyce, který v kalifornské firmě *Fair Semiconductor* počátkem roku 1959 vytvořil křemíkový integrovaný obvod vyrobený planární technologií, která je pro hromadnou výrobu mnohem vhodnější a levnější než Kilbyho obvod. V historických přehledech týkajících se polovodičů jsou proto jako vynálezci integrovaného obvodu uváděni Jack Clair Kilby a Robert Noyce. (Valenta, 2001, s. 25)

Počátkem 60. let byly integrované obvody dostupné ke koupi, avšak nesetkaly se s velkým zájmem. Situaci však velice zlepšil program Apollo, kdy došlo k vzájemné spolupráci a následnému využití integrovaných obvodů v řídicích systémech pro let na Měsíc. Tento krok napomohl ke snížení cen integrovaných obvodů a jejich větší dostupnosti. (Valenta, 2001, s. 26)

„Integrované obvody (anglicky Integrated circuit – zkráceně IC) jsou kompletní funkční celky malých rozměrů, které obsahují velké množství aktivních a pasivních součástek včleněných neoddělitelně do jednoho polovodičového krystalu.“ (Handlír, 2002, s. 178)

Integrované obvody se zasloužily o významný rozvoj číslicové mikroelektroniky. Samotné slovo „integrace“ vyjadřuje spojení v jeden organický celek nebo jinak řečeno celistvost. Slovo „obvod“ je už poté více známé a vyjadřuje zapojení, které je sestaveno z elektrických součástek, jenž plní požadovanou elektrickou funkci. Spojením těchto slov dohromady získáváme takový druh zapojení, na kterém jsou jednotlivé součástky vzájemně propojeny a určitým technologickým postupem jsou vyhotoveny na několika milimetrové křemíkové destičce. (Bezděk, 2008, s. 311)

1.1. Výroba, konstrukce a vlastnosti integrovaných obvodů

Jak bylo řečeno v předešlé kapitole, integrované obvody se skládají z funkčních prvků neboli součástek. Podle počtu prvků se určuje tzv. stupeň integrace. Zjednodušeně se jedná o průměrný počet prvků na čip. (Jahoda, 2004)

Stupeň integrace		Průměrný počet prvků na čip
SSI	Malá integrace (Small Scale Integration)	do 1000
MSI	Střední integrace (Medium Scale Integration)	do 10 000
LSI	Velká integrace (Large Scale Integration)	10 000 až 100 000
VLSI	Velmi vysoká integrace (Very Large Scale Integration)	do 1 000 000
ULSI	Ultra vysoká integrace (Ultra Large Scale Integration)	nad 1 000 000
ELSI	Zvlášť velká integrace (Extrremely Large Scale Integration)	nad 1 000 000 000

Zdroj: Bezděk, 2008, s. 319

Tabulka 1: Stupeň integrace

Integrované obvody se podle technologie výroby dělí na monolitické a hybridní. Monolitické integrované obvody jsou tvořeny z elektrických součástek, které jsou mezi sebou propojeny za účelem vykonávání určitých elektrických funkcí. Součástky jsou tvořeny unikátním technologickým postupem, kde se dohromady spojí v malé křemíkové destičce. Hybridní integrované obvody se vyznačují tím, že se jednotlivé součástky, které jsou velikostí až tisíckrát menší než součástky klasické, vzájemně napaří, spájí nebo jinak propojí na společné destičce. (Bém, 1990, s. 7)

V současné době se používají výhradně monolitické integrované obvody, které mají tu vlastnost, že spojují stovky až tisíce funkčních prvků na několika čtverečných milimetrech, a to na jediném čipu neboli polovodičové destičce, pozn. z anglického chip = plátek. (Handlíř, 2002, s. 178)

Co se umístění funkčních elementů (součástek) na čipu týče, tak ty mohou být umístěny vedle sebe i nad sebou, avšak za předpokladu, že jsou mezi sebou pevně propojeny. V integrovaném obvodu protékají proudy těsně pod povrchem v čipu, ale prakticky v jedné rovině. Pokud se stane závada, není možné na čipu provádět žádné opravy. (Handlíř, 2002, s. 179)

Při výrobě monolitických integrovaných obvodů se uplatňuje mnoho technologických kroků, které se provádí současně pro několik stovek jednotlivých destiček, které z počátku tvoří tzv. salámek, což je výraz pro celou desku. Z tohoto stavu se jednotlivé obvody vytvoří tím způsobem, že se „salámek“ rozřeže na jednotlivé integrované obvody. Další částí výroby je, že se jednotlivé destičky připájí na kovové držáky s vývody a jsou poté umístěny do pouzdra z plastu. Druhou možností je připájení kovové patky s vývody, kde se poté obvod opatří kovovým krytem. (Bém, 1990, s. 7)

Odpory v integrovaném obvodu jsou tvořeny drahou s P-dotací v N-vodivém polovodičovém krystalu. O to, jaký postup dotace se zvolí, závisí na hloubce dráhy a specificitě odporu. Velikost daného odporu se pak určuje délkou a šířkou dráhy. Kondenzátory velkých kapacit se dělají jako pólované (tedy pro stejnosměrná napětí), při nich se využívá PN-přechod, konkrétně jeho závěrné vrstvy. K vytvoření dielektrika u nepólovaných kondenzátorů malých kapacit se pak využívá vrstva SiO_2 na povrchu krystalu. Co se tranzistorů týče, tak největší význam v integrovaných obvodech mají tranzistory MOSFET. Mezi jejich výhody lze uvést, že nemusí být od sebe navzájem izolované. Může nastat stav, kdy kolektor prvního tranzistoru může současně být emitorem tranzistoru druhému. Znamená to, že tímto způsobem lze dosáhnout velké hustoty na čipu. (Handlíř, 2002, s. 179)

Podle zpracování signálu se integrované obvody dále dělí na analogové a číslicové obvody. (Bezděk, 2008, s. 318)

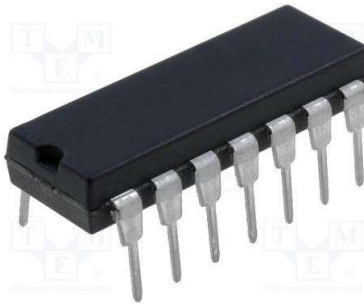
Analogové signály jsou spojité v čase a napětí. Měnicí se hodnota je v každém okamžiku nositelkou informace z tohoto okamžiku. (Bém, 1990, s. 9)

Diskrétní signály, mezi které spadají druhy signálů jako jsou číslicové a logické, jsou charakteristické tím, že přenáší informaci jen při určitém počtu hodnot signálu (úrovni či hladin), které jsou vyjádřeny hodnotou elektrického napětí. (Bém, 1990, s. 9)

Integrované obvody mají v katalogu uvedeny tak zvané mezní hodnoty, které jsou ohraničeny číselným údajem pro elektrický proud, elektrické napětí, výkon či teplotu. Překročením těchto hodnot může dojít ke zničení daného obvodu. (Bém, 1990, s. 21)

Funkce jednotlivých obvodů bývá slovně popsána u konkrétního typu integrovaného obvodu. Pokud bychom měli problém podle slovního popisu pochopit funkci obvodu, bývá v katalogu uvedena pravdivostní tabulka. (Bém, 1990, s. 22)

Integrované obvody jsou umístěny do různých pouzder. Mezi nejběžnější pouzdra pro integrované obvody s malou integrací řadíme plastová pouzdra (např. typu brouk), kovová pouzdra a keramická pouzdra. Piny pouzdra jsou vyrobeny z kovaru. (Křišťoufek, 1990, s. 37)



Zdroj: <https://www.hadex.cz/e209-74als08-4x-2vstupobvod-and-dil14-7408/> (2021)

Obrázek 1: Pouzdro typu brouk, šváb (plastové)



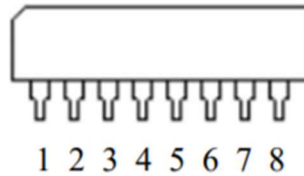
Zdroj: <https://encyklopediapoznania.sk/clanok/7022/integrovaný-obvod-io-integrated-circuit-ic> (2021)

Obrázek 2: Kovové pouzdro

Plastová i kovová pouzdra mají za úkol chránit vlastní obvody před škodlivými klimatickými či mechanickými vlivy okolního prostředí. (Bém, 1990, s. 7)

Co se dalšího rozdělení týče, tak můžeme pouzdra rozdělit do několika skupin:

Pouzdro typu SIL, odvozené od anglické zkratky Single In-Line Package, se používá pro nižší stupeň integrace. Můžeme se setkat i s označením SIP, které znamená to samé, jenom se do zkratky dává důraz na „Package“ místo na „Line“. (Jahoda, 2004)



Zdroj: Jahoda, 2004

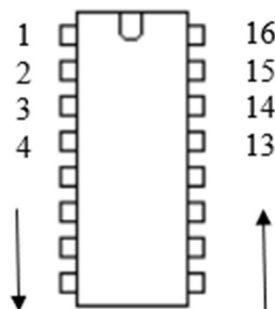
Obrázek 3: Číslování vývodů u pouzdra SIL8



Zdroj: <https://www.ebay.co.uk/p/1693689483> (2021)

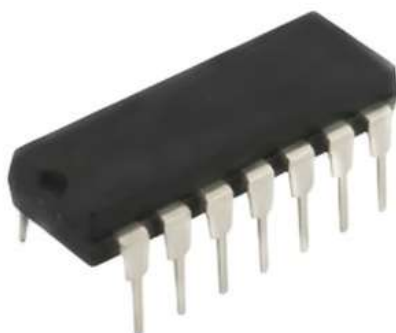
Obrázek 4: Toshiba TA7207P – pouzdro typu SIL10

Další typ je **pouzdro DIL**, zkráceně z anglické zkratky Dual In Line Package. V překladu se jedná o pouzdro „dvojí řady“. Je to klasické pouzdro lidově přezdívané jako brouk nebo šváb. (Bezděk, 2008, s. 317)



Zdroj: Jahoda, 2004

Obrázek 5: Číslování vývodů u DIL16

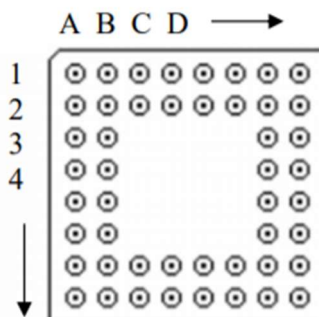


Zdroj: <https://www.hadex.cz/e209-74als08-4x-2vstupobvod-and-dil14-7408/> (2021)

Obrázek 6: Integrovaný obvod 74LS08 – pouzdro typu DIL14

I tento typ pouzdra slouží pro integrované obvody malého stupně integrace. Číslo uvedené za typem pouzdra značí počet pinů. Pokud se tedy podíváme na obrázek č. 3, tak pouzdro SIL8 má 8 pinů. Na obrázku č. 5, kde je vyobrazeno pouzdro DIL16, máme pinů 16, a jelikož se jedná o typ pouzdra DIL, je těchto 16 pinů uspořádáno ve dvou rovnoběžných řadách. Za povšimnutí stojí, že piny u pouzdra DIL jsou v levé části číslovány shora dolů a na protější straně od spodu nahoru, což je velice důležitá informace. (Křišťoufek, 1990, s. 37)

Mezi další typ pouzdra patří **pouzdro PGA** (Pin Grid Array), z překladu do češtiny se jedná o „pole mřížky pinů“. Tento typ pouzdra se na rozdíl od předchozích dvou pouzder používá pro integrované obvody s velmi vysokým počtem součástek a pinů. Konstrukce tohoto pouzdra je tvořena tak, aby obvod mohl být osazen a případně vyjmut z patice. Toto pouzdro v minulých letech sloužilo pro procesory Intel Pentium. (Jahoda, 2004)



Zdroj: Jahoda, 2004

Obrázek 7: Značení vývodů u pouzdra PGA

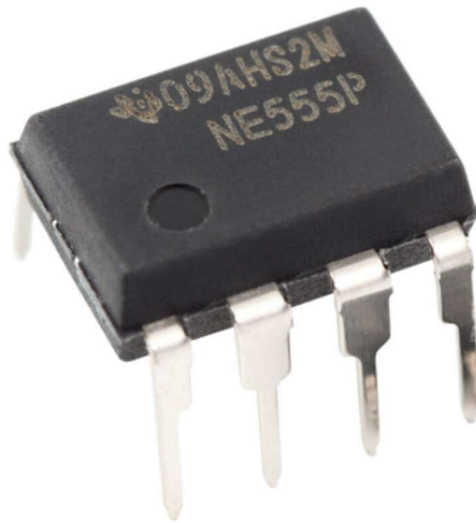
2. Použité integrované obvody

2.1. NE555

Jedná se o integrovaný obvod, který plní funkci monolitického časovače. (Losík, 1996, str. 50)

Tento časovač vynalezl a zkonstruoval švýcarský technik Hans Camenzind. Finální verze součástky šla do prodeje v roce 1971 pojmenovaná NE555. Číselné označení 555 je údajně odvozeno od tří $5k\Omega$ rezistorů nacházejících se uvnitř integrovaného obvodu. NE555 nabízí spoustu využití, kde ji lze zapojit jako generátor zvuku, blikáč apod. Součástka se stala hitem, což dokazuje i to, že se jí v roce 2003 vyrobilo kolem miliardy. Integrovaný obvod NE555 bývá dodnes jednou z nejprodávanějších součástek na světě. (Kasík, 2012)

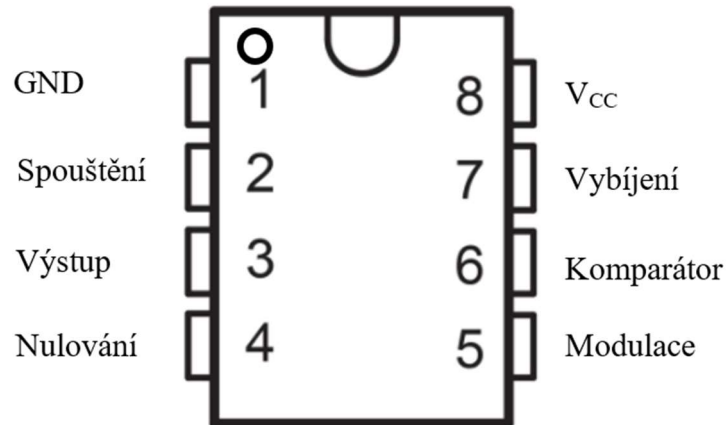
Stavba tohoto integrovaného obvodu je zakomponována do pouzdra DIL8. Jedná se o typ „brouk“, který má na každé straně vyvedené 4 piny. (Texas Instruments, 2004)



Zdroj: <https://hackerspace.ie/product/ne555p-555-timer-ic/> (2021)

Obrázek 8: IO NE555

Dalším kritériem, které nás bude zajímat, je, k čemu jednotlivé piny slouží.



Zdroj: vlastní zpracování podle <https://protostack.com.au/shop/integrated-circuits/ne555-general-purpose-single-bipolar-timer/> (2021)

Obrázek 9: Popis pinů na IO 555

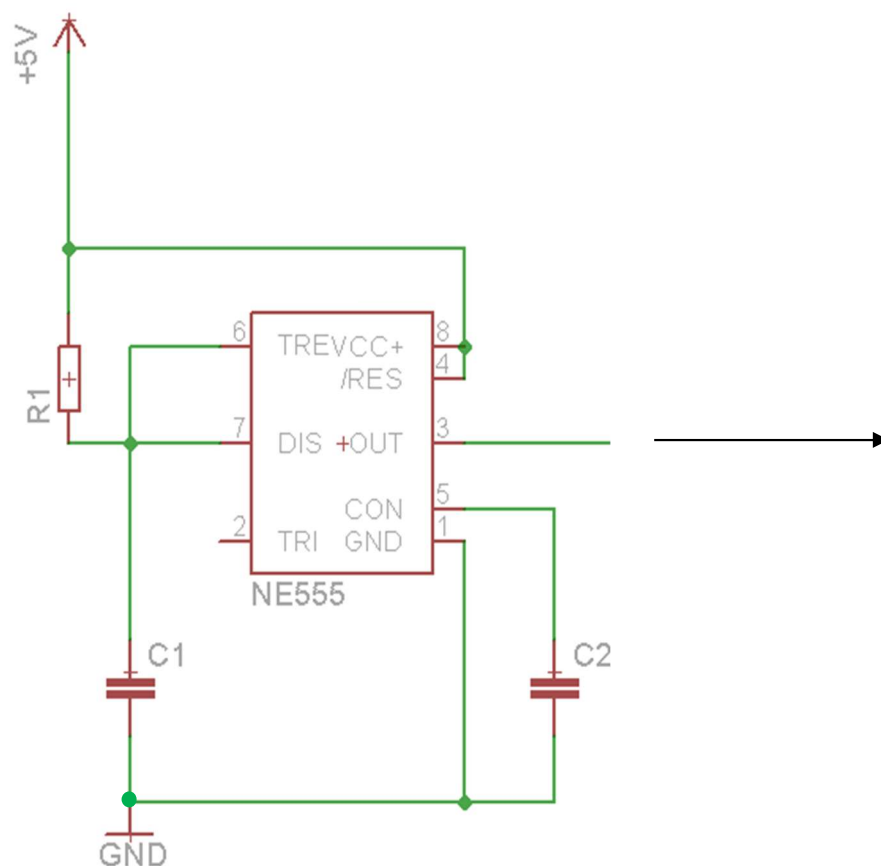
Pokud se na obrázek č. 9 podíváme důkladně, zjistíme, že při pohledu zepředu je pouzdro čipu označeno orientačními značkami, jako je například tzv. zámek, což je půlkruh v horní prostřední části pouzdra. Další orientační značkou je kruh ležící u vývodu jedna. Při následné kompletaci obvodu je proto dobré se těmito značkami orientovat, aby nedošlo k opačnému zapojení součástky a jejímu možnému zničení. (Slinták, 2018)

Na pinu číslo 1 je zkratka GND, což znamená, že na tento pin připojíme zem obvodu. Na pinu 2 leží invertující vstup druhého komparátoru, který se stará o spouštění. Důležité je, že výstup obvodu se nachází na pinu s číslem 3. Pin číslo 4 je napojen na invertovaný resetovací vstup. Pin označený jako „Modulace“, který leží na 5. pinu, slouží k řízení napětí, které ovlivňuje překlápění komparátorů. Co se 6. pinu týče, tak ten je napojen na neinvertující vstup prvního komparátoru, bývá také nazýván jako práh. Na 7. pinu se nachází kolektor tranzistoru, který zajišťuje vybíjení. Jako poslední tu zbývá pin s číslem 8, na který budeme přivádět napájecí napětí obvodu. Proto je tedy značen V_{CC}. (Slinták, 2018)

Napájecí napětí NE555 se udává od 4,5 do 16 V, přičemž 16 V je hodnota maximální. Při větším napájecím napětí hrozí zničení součástky. (Texas Instruments, 2004)

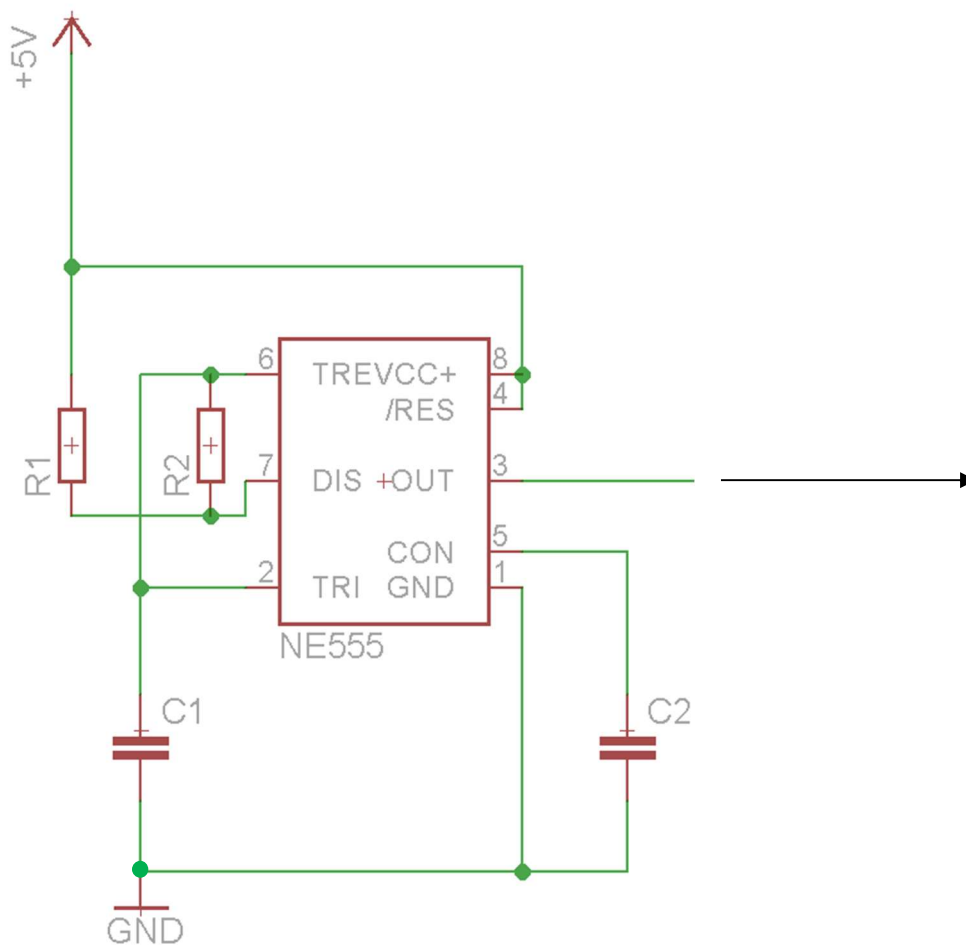
V rámci školní praxe bych NE555 nejčastěji připojoval na 5 V. Což je bezpečné napětí, se kterým mohou pod dohledem pedagoga pracovat i studenti druhého stupně základní školy.

Tento obvod se v základních zapojení používá jako zpožďovací člen (monostabilní multivibrátor), který je sestaven dvěma vnějšími součástkami (jeden odpor a jeden kondenzátor) - viz obrázek č. 10. Další zapojení je jako oscilátor (astabilní multivibrátor), kde se frekvence a střída nastavuje dvěma odpory a externím kondenzátorem, viz obrázek č. 11. (Losík, 1996, str. 50)



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 10: Zapojení jako zpožďovací člen



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 11: Zapojení jako oscilátor (generátor)

My tento obvod využijeme v zapojení jako oscilátor, protože budeme chtít využívat funkci generování pravoúhlých signálů nízkého kmitočtu. V našem případě chceme, aby výstupní signál dosahoval frekvenci $f = 1 \text{ Hz}$. To znamená, že jedna perioda signálu proběhne za 1 sekundu. (Blahovec, 2005, s. 10)

Jak to uděláme? Nejprve si budeme muset navrhnout jednotlivé součástky v obvodu.

„Kmitočet generátoru zapojeného s integrovaným obvodem 555 určuje konstanta RC.“
(Malina, 1996, s. 201)

Pokud chceme vytvořit oscilátor nízkého kmitočtu, je tedy zapotřebí navrhnout si jednotlivé součástky. V našem případě se bude jednat o součástky R_1 , R_2 a C_1 .

Požadovaná hodnota kmitočtu neboli frekvence bude $f = 1 \text{ Hz}$. Střída, doba trvání úrovně H a úrovně L, může být nastavena na poměr 1:1. C_1 volíme 220 nF a zbytek už můžeme dosadit a spočítat dle následujících vzorců.

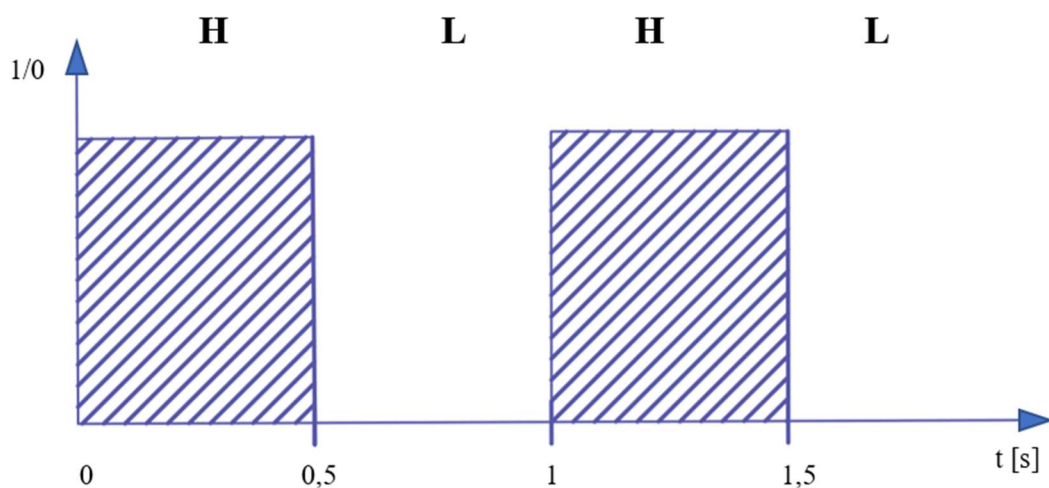
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1} = 1 \text{ s} \rightarrow t_{nabíjení} + t_{vybíjení} = 1 \text{ s} = T$$

$$t_{nabíjení} = \frac{T}{2} = 0,5 \text{ s}$$

$$t_{vybíjení} = \frac{T}{2} = 0,5 \text{ s}$$

(Blahovec, 2005, s. 10)

Pokud si nastíníme vzorečky, tak perioda (T), doba trvání jedné frekvence, je vypočtena na 1 s. To znamená, že průběh každé periody bude trvat 1 s. Jinak řečeno, výstupní signál se bude opakovat každou sekundu. Podle této periody si za pomoci střídý můžeme vypočítat, jak dlouho bude trvat signál s úrovní H (High = vysoký, logická „1“) a s úrovní L (Low = nízký, logická „0“). Pokud máme střídu 1:1, tak výsledný počet částí, ze kterých se perioda bude skládat je 2. Z toho jedna část náleží úrovni H a druhá stejně dlouhá část náleží stavu úrovni L. Perioda se pak neustále opakuje (viz obrázek č. 12).



Zdroj: vlastní zpracování v programu AutoCAD 2019 – studentská verze

Obrázek 12: Obdélníkový průběh 1 Hz

Doba trvání úrovně H neboli doba nabíjení ($t_{\text{nabíjení}}$) bude v našem případě trvat 0,5 s. Doba trvání úrovně L neboli doba vybíjení ($t_{\text{vybíjení}}$) bude trvat také 0,5 s.

Pro ověření, zda jsme počítali správně, nám poslouží fakt, že součet doby nabíjení a doby vybíjení se musí rovnat době jedné periody. Což v našem případě odpovídá. Dalším ověřením je i to, že pokud máme střihu 1:1, měl by čas nabíjení odpovídat i času vybíjení.

Možná si teď říkáte, proč je zde uvedena doba nabíjení a vybíjení? Co se zde nabíjí a vybíjí? Proud z napájecího zdroje teče do kondenzátoru C_1 , který se nabíjí přes rezistory R_1 a R_2 . Poté, co napětí v kondenzátoru dosáhne $2/3$ napájecího napětí, pin 6 detekuje toto napětí, což způsobí odpojení pinu 7 tohoto napětí na zem. Kondenzátor C_1 se začne vybíjet přes rezistor R_2 , dokud jeho napětí nedosáhne hodnoty $1/3$ napájecího napětí. V tom okamžiku pin 2 detekuje toto napětí a pin 7 se nepřipojí (vypne). C_1 se pak znovu nabíjí a cyklus se opakuje. (Garaipoom, 2020)

$$t_{\text{nabíjení}} = \ln(2) (R_1 + R_2) C$$

$$t_{\text{vybíjení}} = \ln(2) R_2 C$$

(Hájek, 1998, s. 25)

Pokud se podíváme na následující uvedené vzorce, tak jako neznámé tu máme odpory R_1 a R_2 . Avšak ve vzorci pro vybíjení je uvedena pouze jedna neznámá, a to konkrétně R_2 . Nejprve si proto upravíme vzorec do takové podoby, abychom spočítali hodnotu R_2 .

Pokud jste úspěšně převedli vzorec, měl by vypadat takto.

$$R_2 = \frac{t_{\text{vybíjení}}}{\ln(2) C}$$

Po dosazení ($t_{\text{vybíjení}} = 0,5$ s, $C = 220$ nF) jsme vypočítali, že $R_2 = 3\,278\,852 \, \Omega$.

Teď už známe hodnotu R_2 , a tím pádem je možné ji dosadit do vzorce na dobu nabíjení ($t_{\text{nabíjení}}$) a vypočítat velikost odporu R_1 . Vzorec si opět upravíme, abychom mohli vypočítat zbývající hodnotu odporu R_1 .

Výsledná podoba vzorce pro výpočet odporu R_1 by měla pro kontrolu vypadat takto.

$$R_1 = \frac{t_{\text{nabíjení}}}{\ln(2) C} - R_2$$

Nyní ovšem narážíme na problém, že výsledná hodnota odporu by měla být podle výpočtů menší než 1Ω . Což ovšem nechceme. Z pravidla by se hodnota odporu R_1 měla pohybovat od $1 \text{ k}\Omega$ nahoru. A jelikož chceme, aby tento obvod fungoval, volíme proto nejnížší hodnotu, kterou můžeme, a to $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$. (Malina, 1996, s. 201)

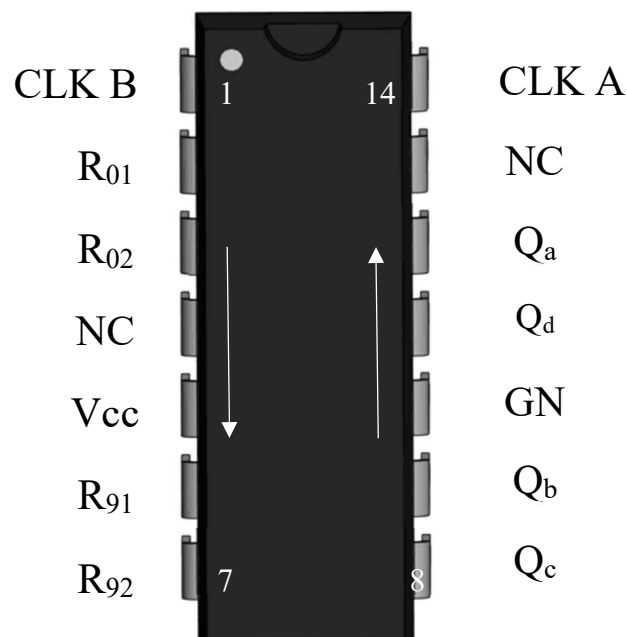
Jelikož nelze přijít do obchodu s elektrotechnickými součástkami a vyžadovat po nich odpor, který má velikost přesných $3\,278\,852 \Omega$, volíme nejbližší velikost z řady E12, ve které můžeme najít, že nejbližší hodnota je hodnota $3\,300\,000 \Omega$, pro oko a lepší čtení je to hodnota $3,3 \text{ M}\Omega$. (Vlček, 2000, s. 8)

2.2. Čítač 7490

Jedná se v podstatě o čtyřbitový dekadický čítač MOD 10, který generuje výstupní kód BCD. Skládá se ze čtyř klopných obvodů JK typu master-slave, které jsou vnitřně propojeny a poskytují čítač MOD 2 a čítač MOD 5. (Katalog Fairchild semiconductor TM, 1986)

„Patří mezi obvody TTL MSI a je konstruovaný pro čítání vpřed v kódu BCD 8421. Požadovanou sekvenci čítání, tj. 0 až 9 a následný návrat na nulu, mají na starosti vyčleněná hradla společně s vhodným uspořádáním klopných obvodů.“ (Malina, 1996, s. 164)

Všechny klopné obvody se dají současně vynulovat za pomoci uvnitř zabudovaného hradla NAND s vyvedenými piny. Tyto piny jsou značeny jako R₀₁ a R₀₂. Další hradlo NAND má vyvedeny piny označené jako R₉₁ a R₉₂, které umožňují nastavit čítač na konkrétní binární číslo. (Malina, 1996, s. 164)



Zdroj: <http://wire-diag.jeanjaures37.fr/logic-diagram-of-ic-7490.html> (2021)

Obrázek 13: Popis pinů IO 7490

Integrovaný obvod 7490 je zasazen do pouzdra DIL14, to znamená, že tento obvod má 14 symetricky rozmístěných pinů do dvou stran pouzdra. Pokud se podíváme na obrázek popisující piny IO 7490, tak můžeme vidět, že napájení je umístěno na 5. pinu, na který

se připojuje kladný pól zdroje a na 10. pin se připojuje zem obvodu. Hodinový vstup A, zkráceně CLK A z anglického překladu „Clock = hodiny“, je umístěn na pinu číslo 14. Druhý hodinový vstup značený jako CLK B leží na protější straně na pinu číslo 1. Je důležité zdůraznit fakt, že oba hodinové vstupy reagují na sestupnou hranu vstupního signálu. Výstupy jednotlivých klopných hradel jsou značeny Q_a , Q_b , Q_c a Q_d a leží na pinech 8, 9, 11 a 12. Piny 4 a 13 jsou značeny NC (No Connection = bez připojení) a nezapojují se. (Malina, 1996, s. 164)

Pro přehlednost a budoucí praktické zapojení zde bude vhodné uvést jednoduchou tabulku pro snadnou orientaci, na kterém pinu leží, jaký výstup.

Výstup	Pin
Q_a	12
Q_b	9
Q_c	8
Q_d	11

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 2: Přehled výstupů a jejich umístění na pinu

Na pinech 2 a 3 leží resetovací hradlo NAND. Tyto piny jsou značeny R_{01} a R_{02} a slouží k resetování čítače u námi zvoleného binárně vyjádřeného čísla neboli MOD (vysvětlíme si později). Další piny jsou značeny R_{91} a R_{92} a leží na pinech 6 a 7, které slouží k nastavení čítače přímo na binární číslo 1001. Pokud vyžadujeme rozsáhlejší využití toho integrovaného obvodu a chceme použít maximální délku čítání, můžeme zapojit první klopný obvod tak, že propojíme výstup Q_0 s hodinovým vstupem značeným CLK B. Tímto zapojením jsme obvod nastavili do MOD 10. Čítací frekvence tohoto integrovaného obvodu může dosahovat až 42 MHz, což je velice vysoká hodnota. Pro představu se jedná o zpracování 42 milionů period za sekundu. Běžný výkonový rozptyl dosahuje hodnoty 145 mW a pracovní teplota okolního vzduchu se udává v rozmezí od 0 do $+70^{\circ}\text{C}$. (Katalog Fairchild semiconductor TM, 1986)

Napájecí napětí je v rozmezí od 4,75 do 5,25 V, přičemž když se podíváme na ono rozmezí, tak je vhodné zvolit prostřední hodnotu 5 V. Mezní hodnotu 5,25 V bychom opravdu neměli přesáhnout, protože by mohlo dojít k nevratnému zničení daného integrovaného obvodu. (Katalog Fairchild semiconductor™, 1986)

Napájecí napětí 5 V je pro nás opět bezpečné a zároveň vhodné pro didaktické účely.



Zdroj: https://www.ppirma.com/index.php?main_page=product_info&products_id=278088 (2021)

Obrázek 14: Integrovaný obvod 7490

Celou dobu je zde několikrát zmíněno slovo „MOD“ a za ním číslo. MOD je zkráceně slovo modul. Díky modulu si můžeme nastavit, kdy se časovač resetuje a čítání začne od znovu. Uvedu zde příklad. Při nastavení čítače na MOD 5 počítá čítač (0, 1, 2, 3, 4, 0, 1, 2, 3, 4, 0, ...). Možná Vás nyní napadne otázka „Proč se nezobrazuje číslo 5?“ Tak odpověď je jasná, protože je zde vyobrazení čísla 0. Pokud nulu započítáme k ostatním číslům, zjistíme, že čítač provedl celkově 5 počítání. Z pravidla je vhodné si zapamatovat, že modulo, které nastavujeme, zobrazí číslo o jedno menší, než jaké číslo má námi nastavené modulo. To znamená, že MOD 5 zobrazí nejvyšší číslo 4, MOD 10 zobrazí nejvyšší číslo 9 apod. (Malina, 1996, s. 168)

Nyní nastává důležitá otázka. „*Jak se modulo zapojuje?*“ Řekli jsme si, že na pinech 2 a 3 leží hradlo NAND, které slouží k resetování čítače, což použijeme. Teď už víme, které piny budeme využívat, ale otázka zůstává jak.

„U binárních čítačů je obecně číslo „n“ dané mocninou základu dva. Podle počtu zapojených klopných obvodů se to má s „entou“ mocninou následovně: Při dvou klopných obvodech ($2^2 = 4$) je čítač modulo 4, při třech klopných obvodech ($2^3 = 8$) je čítač modulo 8 a tak dále.“ (Malina, 1996, s. 168)

Abych to ještě více vysvětlil, tak zde uvedu tabulku.

MODUL	D	C	B	A	Výpočty podle dané mocniny o základu dva
1	L	L	L	H	$(0 * 2^3) + (0 * 2^2) + (0 * 2^1) + (1 * 2^0) = 1$
2	L	L	H	L	$(0 * 2^3) + (0 * 2^2) + (1 * 2^1) + (0 * 2^0) = 2$
3	L	L	H	H	$(0 * 2^3) + (0 * 2^2) + (1 * 2^1) + (1 * 2^0) = 3$
4	L	H	L	L	$(0 * 2^3) + (1 * 2^2) + (0 * 2^1) + (0 * 2^0) = 4$
5	L	H	L	H	$(0 * 2^3) + (1 * 2^2) + (0 * 2^1) + (1 * 2^0) = 5$
6	L	H	H	L	$(0 * 2^3) + (1 * 2^2) + (1 * 2^1) + (0 * 2^0) = 6$
7	L	H	H	H	$(0 * 2^3) + (1 * 2^2) + (1 * 2^1) + (1 * 2^0) = 7$
8	H	L	L	L	$(1 * 2^3) + (0 * 2^2) + (0 * 2^1) + (0 * 2^0) = 8$
9	H	L	L	H	$(1 * 2^3) + (0 * 2^2) + (0 * 2^1) + (1 * 2^0) = 9$
10	H	L	H	L	$(1 * 2^3) + (0 * 2^2) + (1 * 2^1) + (0 * 2^0) = 10$

Zdroj: vlastní zpracování podle Malina, 1996, s. 168

Tabulka 3: Tabulka MOD 1 až MOD 10

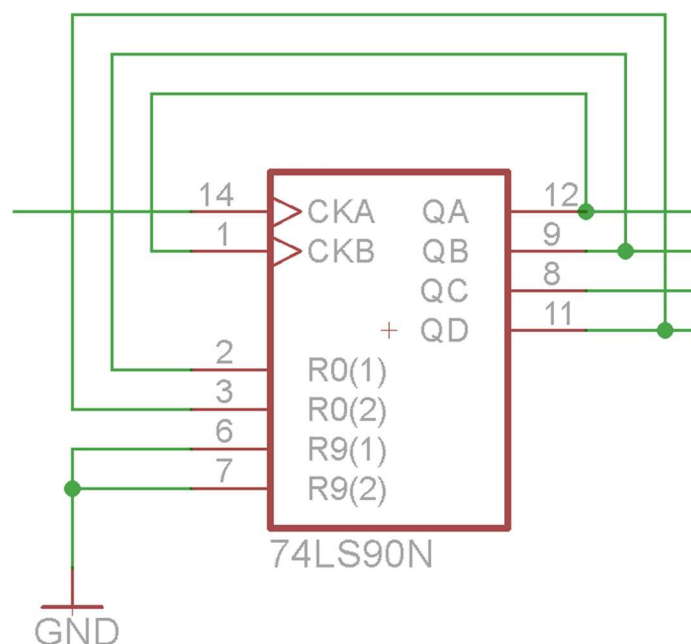
Na první pohled není tabulka s vedlejšími výpočty moc příjemná záležitost, avšak nebudeme věšet hlavu a pokusíme se pochopit tento princip. Jak jsme si už řekli, pomocí modulu nastavujeme, kdy se čítač resetuje, nebo po kolika čítání se má čítač vynulovat a pokračovat od začátku. Tabulku jsem záměrně uvedl tak, že písmena jsou

pozpátku, D C B A, a to proto, aby bylo přehlednější, že se jedná o vyjádření binárního čísla za pomoci těchto čtyř výstupů, které zapojujeme do resetovacích vstupů hradla NAND. Vstupy hradla NAND, které nám slouží pro resetování čítače, se nacházejí na pinech 2 a 3. „Ale jakým způsobem nastavím, aby bylo na jednotlivých výstupech Q_a až Q_d úroveň L nebo úroveň H (logická 0 nebo logická 1)?“

Pokud výstup **zapojím** na „resetovací“ vstup hradla NAND, má výstup nastavenou hodnotu na H (High = vysoký, logická 1). (Malina, 1996, s. 169)

Pokud výstup **nezapojím** na „resetovací“ vstup hradla NAND, má výstup nastavenou hodnotu na L (Low = nízký, logická 0). (Malina, 1996, s. 169)

Abychom si ukázali názorný příklad modulu 10 (MOD 10), podíváme se na obrázek č. 15. Můžeme si všimnout, že jsou zde výstupy Q_b a Q_d zapojeny do hradla NAND na pinech 2 a 3, tedy Q_b a Q_d jsou nastaveny na úroveň H a Q_a s Q_c nejsou zapojeny do hradla NAND, tudíž je jejich úroveň nastavena na L. Podíváme se do předchozí tabulky a zkontrolujeme si, jaké modulo je zde zapojeno.



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

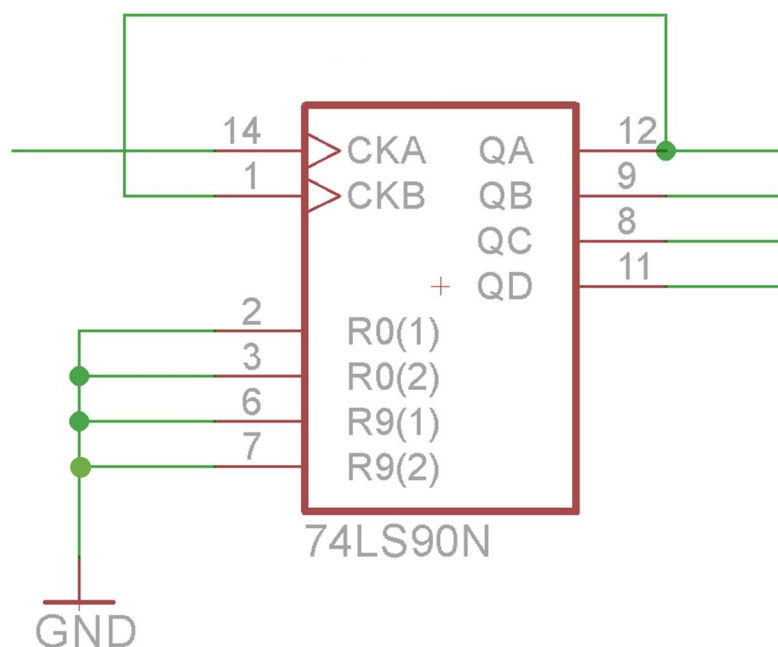
Obrázek 15: Zapojení MOD 10

Po kontrole v tabulce jsme zjistili, že čítač je opravdu zapojen jako MOD 10. Čítač bude tedy čítat binární čísla od 0000 do 1001 (v dekadické soustavě od 0 do 9).

„Ale co kdybychom chtěli například MOD 8, kde se na vstup hradla pro reset připojuje jenom jeden výstup a to Q_d . Co s druhým vstupem hradla, jakým způsobem ho zapojit?“

Při zapojení MOD 8 a jiných modulů, kde se setkáváme s faktem, že na hradlo pro reset napojuje jen jeden výstup, postupujeme, že výstup zapojíme na jakýkoliv ze dvou vstupů hradla (pin 2 nebo 3) a druhý nebudeme nikam zapojovat. Horší stav nastává při opačném problému, konkrétně u MOD 7. Pokud se podíváme do tabulky, zjistíme, že potřebujeme současně 3 výstupy Q_a , Q_b , Q_c nastavit na úroveň H. Tedy, že všechny 3 výstupy musíme napojit na hradlo pro reset. Avšak tam nastává onen problém, že hradlo pro reset, má pouze dva vstupy (na pinech 2 a 3). Jak to tedy udělat? Řešení je použít externí hradlo AND nebo NAND, pomocí kterého si zredukujeme libovolné dva výstupy na jeden. Matematicky uděláme ze třech výstupů výstupy dva, které už zvládneme zapojit.

Pro pořádek zde uvedu ještě kontrolní zapojení, kdy všechny resetové vstupy hradla NAND zapojíme na zem, čímž dostaneme bez jakéhokoliv nastavování modulo 10 (MOD 10). Zobrazí se zde binární čísla 0 až 9 a dojde k resetu. Jak můžeme vidět, tak je zde přehledně propojen výstup Q_a s hodinovým vstupem B (piny 12 a 1 jsou propojeny).

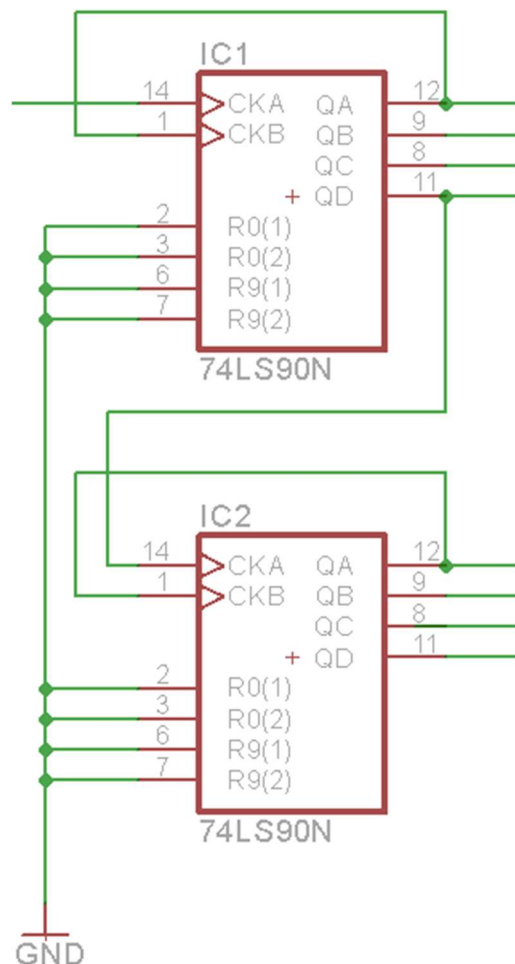


Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 16: Zapojení MOD 10 s resetovými vstupy zapojenými na GND

Pokud se dostaneme do situace, kdy bychom chtěli čítač rozšířit, zapojujeme další čítače do tak zvané kaskády. Postup je takový, že signál z oscilátoru připojíme na vstup A prvního integrovaného obvodu. Nesmíme zapomenout, že první klopný obvod je zcela oddělen. Proto je u každého obvodu zapotřebí čítače rozšířit a propojit výstup Q_a se vstupem $CLK B$. Dalším krokem bude propojení obou čítačů, aby pracovaly společně. Propojení je poměrně jednoduché, výstup Q_d prvního integrovaného obvodu propojíme s hodinovým vstupem A druhého čítače. (Malina, 1996, s. 171)

„Při přechodu ze stavu 10 na nulu se vlivem sestupné hrany na výstupu Q_d (výstup Q_4) nastaví výstup Q_a druhého obvodu (výstup Q_5). Čítání pak pokračuje, a to jak na prvním čítači, kde se cyklus opakuje i na druhém čítači.“ (Malina, 1996, s. 171)



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 17: Zapojení dvou čítačů do kaskády

Na obrázku č. 17 vidíme, jak vypadá schéma zapojení dvou čítačů 7490 do kaskády.

2.3. Dekodér 7447

„Dekodér je kombinační logický obvod, jehož český název zní převodník. Jeho úkolem je zjistit v obvodu přítomnost binárního čísla nebo slova. Převodník – dekodér slouží obecně k převádění z jednoho číselného kódu do jiného.“ (Malina, 1996, s. 174)

Jedná se o to, že chceme využít takový obvod, který nám převede vstupní dekadickou hodnotu na výstupní hodnotu pro segmentový LED displej. Pro tento účel můžeme využít integrovaný obvod 7447. Jde o obvod zapouzdřený do plastového pouzdra DIL16. Z předchozích kapitol už víme, že pouzdro DIL obsahuje symetricky rozdělené piny, které jsou uspořádány na dvou protějších stranách. U DIL16 víme, že na dvou protějších stranách pouzdra bude vyvedeno 8 pinů, celkově má tedy tento obvod 16 pinů. (Katalog Texas Instruments, 1988)

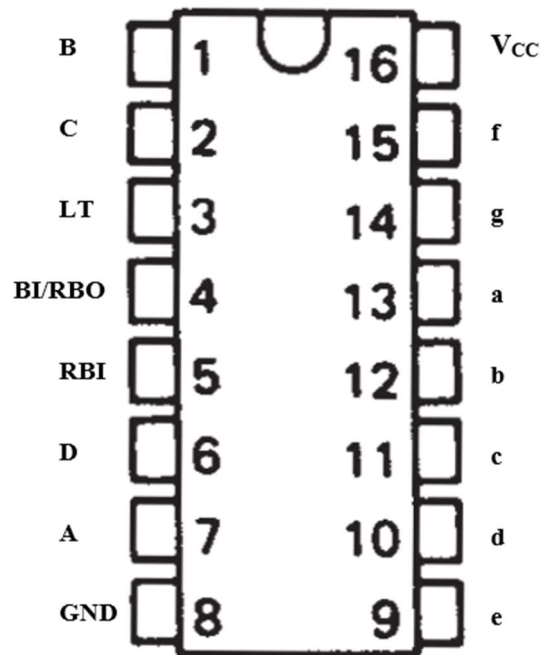
Integrované obvody 7446 a 7447 mají pro buzení displejů či jiných diod zapojených se společnou anodou tak zvané výstupy v aktivní nule. To znamená, že pokud máme na výstupu z dekodéru segmentový LED displej, který je zapojený se společnou anodou, a chceme jakýkoliv segment rozsvítit. Je nutné nastavit a přiřadit úroveň L (logická 0) na námi zvolený segment určený k rozsvícení. (Malina, 1996, s. 187)

Pro zjednodušení uvedu příklad. Máme zapojenou LED diodu, která má dva vývody (anodu a katodu). Pokud chceme zapojit LED diodu v propustném směru, což je zapojení, při kterém LED dioda emituje záření (svítí), tak se na vývod anody připojuje kladný pól napájení (+) a na katodu se připojuje záporný pól napájení (-). Tolik k teorii, představme si, že máme trvale zapojenou anodu LED diody na kladný pól napájení. (Šavel, 2005, s. 147)

Otázka zní: *„Jakou polaritu napájení musíme přivést na katodu LED diody, pokud víme, že je anoda LED diody zapojená na kladnou polaritu napájení? Chtěli bychom, aby LED dioda po zapojení svítila.“*

V tomto podání je odpověď poměrně jednoduchá: Na katodu LED diody přivedeme zápornou polaritu napájení. LED dioda v tomto stavu bude zapojena v propustném směru a při průchodu proudu bude vyzařovat světlo. (Šavel, 2005, s. 147)

Pokud jsou segmenty LED displeje zkonstruovány do zapojení se společnou anodou, musí být předchozí obvod, který segmenty uvádí do propustného směru, schopný přiřadit na katodu námi zvoleného segmentu úroveň L (logickou 0). Tím se docílí, že se daný segment rozsvítí. Pro nás to bude zprostředkovávat integrovaný obvod 7447, který bývá značený jako D146D. Proto pokud se setkáme s pojmy 7447 nebo D146D, tak se jedná o ten stejný integrovaný obvod. (Bém, 1990, s. 164)



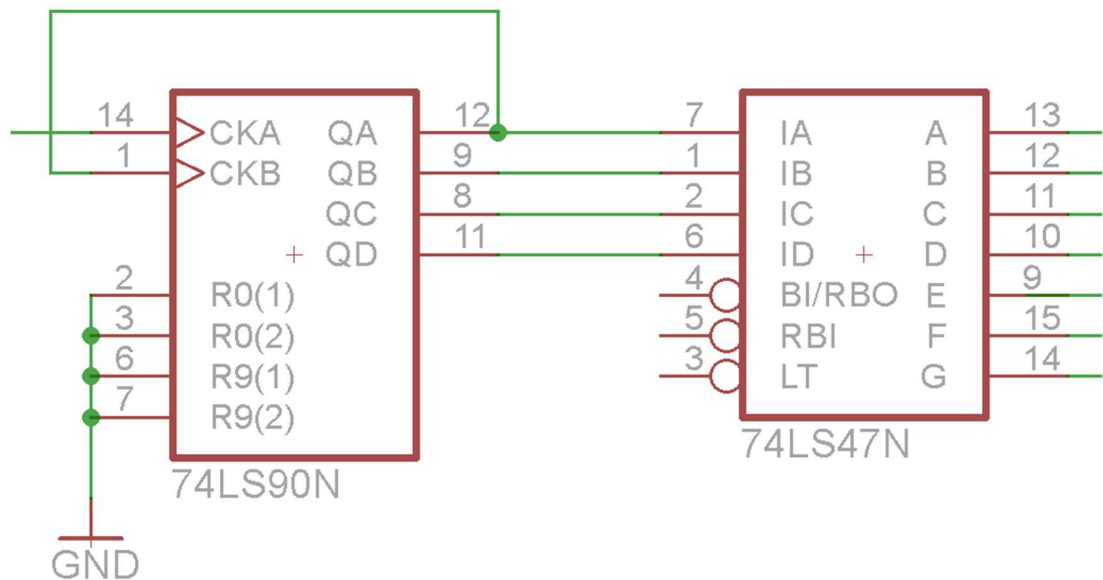
Zdroj: Katalog Texas Instruments, 1988

Obrázek 18: Přehled pinů na dekodéru 7447

Co se týče rozmístění jednotlivých pinů, tak na obrázku č. 18, můžeme vidět pohled shora, který ukazuje a popisuje, kde se jaký pin integrovaného obvodu nachází. Napájení se připojuje na piny 8 a 16, přičemž pin 8 připojujeme zem integrovaného obvodu a na pin 16 připojujeme kladný pól napájení. V našem případě se napájení může pohybovat v rozmezí od 4,75 do 5,25 V. Jako u minulého obvodu je pro nás výhodné a vhodné zvolit napájecí napětí 5 V. (Katalog Texas Instruments, 1988)

Pokud budeme pozorní, můžeme zjistit, že jsou zde piny označené písmeny, v jednom případě jsou písmena velká a v druhém případě jsou malá. Velká písmena označují vstupní piny integrovaného obvodu (A, B, C, D). Malá písmena (a až g) označují naopak výstupy. (Malina, 1996, s. 187)

Vstup BI plní funkci potlačení svitu nuly. Pin značený RBO souvisí se spotřebou energie, kdy tento pin umožňuje řídit intenzitu jasu segmentů. Intenzita se pak odvíjí od tvaru impulsu, který je na tento pin připojen. Vstup LT slouží k rozsvícení všech segmentů najednou, což se dá využít při zkoušce, zda není některý LED segment poškozen. (Malina, 1996, s. 188)



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 19: Propojení čítače 7490 s dekodérem 7447

Na obrázku č. 19 můžeme vidět propojení výstupy čítače 7490 se vstupy dekodéru 7447.

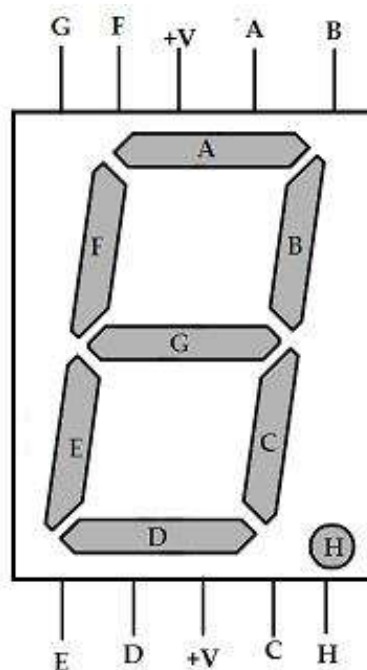
2.4. Segmentový LED displej

Základní kámen segmentového LED displeje tvoří LED dioda. Z anglického překladu „Light-Emitting Diode“ (zkráceně LED). Jedná se o svítivou diodu neboli elektroluminiscenční diodu. Jde o elektronickou polovodičovou součástku, která funguje na principu PN přechodu. (Rauner, 2001, s. 60)

„Na přechodu PN dochází k injekci minoritních nosičů, z nichž velká část rekombinuje. Injekce nosičů působená průchodem proudu v propustném směru a jejich rekombinace je velmi účinná metoda přeměny elektrické energie na světelnou“ (Šavel, 2005, s. 147)

LED oproti jiným elektrickým zdrojům světla (žárovky, doutnavky, výbojky) vynikají, protože umí pracovat s poměrně malými hodnotami elektrického proudu a napětí. Nejčastěji se udává cca 10 mA a 1,5 V. Proto se LED využívají pro komplexy ve tvaru cifer či čísel, které se používají v displejích a zobrazovačích. (Rauner, 2001, s. 60)

Jak zapojit tento displej? Pokud se podíváme na přehled pinů, bude nám to jasnější.



Zdroj: <https://arduino8.webnode.cz/news/lekce-8-7-segmentovy-displej/> (2021)

Obrázek 20: Přehled pinů segmentového LED displeje

Na obrázku č. 20 vidíme, že tento LED displej má 10 pinů, přičemž prostřední pin nahoře i dole je značen +V. Tyto vývody nám říkají, že segmenty LED displeje jsou zapojeny se společnou anodou a na tyto piny připojujeme kladný pól napájecího napětí. Můžeme si zvolit, který z těchto dvou pinů zapojíme, avšak podmínkou správné funkce je mít alespoň jeden z těchto dvou vývodů připojených na kladný pól napájení, v našem případě +5 V. (Antošová, 2003, s. 117)

„Se zvětšující se frekvencí emitovaného světla roste napětí, při kterém se proud v propustném směru začíná zvětšovat. Zatímco u Si diody je toto napětí asi 0,6 V, pro zelenou LED z GaP je to již 1,7 V. Modrá dioda ze SiC má toto napětí nejvyšší: asi 2,5 V“ (Rauner, 2001, s. 60)

V tento moment se mohou vyskytnout dva dotazy.

„Kde je GND? Předchozí obvody měly vždy pin na GND.“

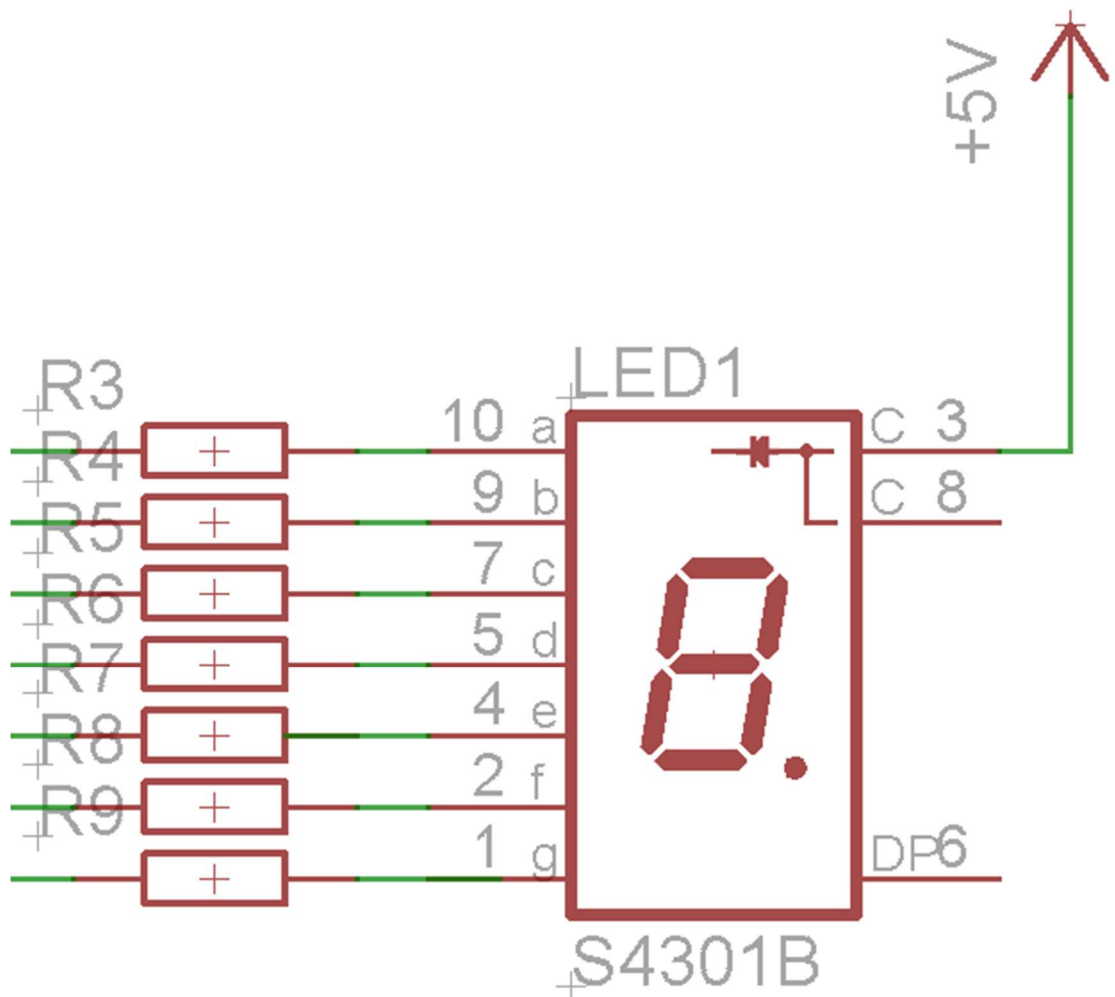
Ano, to je pravda, předchozí uvedené obvody měly pokaždé pin GND, avšak je na místě si uvědomit, že každý jednotlivý segment je LED dioda. Aby LED dioda svítila, musí ní protékat proud. A to, aby ní protékal proud, musí být dioda zapojena v propustném směru. Pokud máme segmenty zapojeny se společnou anodou a jsou připojeny na kladný pól, znamená to, že jsou LED diody permanentně připojeny anodou na +. A co ten druhý pin? To je vlastně katoda LED diody, ke které připojujeme logickou 0 nebo logickou 1. Pokud na zvolený segment připojíme logickou 0 (neboli úroveň L), segment bude zapojen v propustném směru a bude svítit. Všechny segmenty jsou zapojeny se společnou anodou, což pro nás znamená, že k rozsvícení segmentu je potřeba na vstupní pin segmentu (katodu) připojit logickou 0 (úroveň L), kterou nám v našem případě zprostředkuje dekodér, který má aktivní výstup v nule.

„Nespálí se segment, pokud na něj připojím 5 V a na vstup připojím logickou nulu?“

Výstižná otázka, na kterou lze i jasně odpovědět. Ano, spálí. Proto bych na začátek doporučil vyzkoušet si funkci na multimetru s režimem LED diody. V tomto režimu segmenty nezničíme a rovnou můžeme zkontrolovat, zda všechny segmenty fungují. Zkoušku provedeme tak, že na +V permanentně připojíme červený vodič a na zvolený pin připojíme vždy vodič černý. Pokud připojíme černý vodič na pin označený „A“, bude nám svítit segment „A“, tedy úplně ten nahoře viz obrázek č. 20.

Tímto jsme si bezpečně vyzkoušeli funkčnost jednotlivých segmentů, ale teď musíme vymyslet, jak zabezpečit segment před spálením. Musíme použít rezistory o vhodné velikosti.

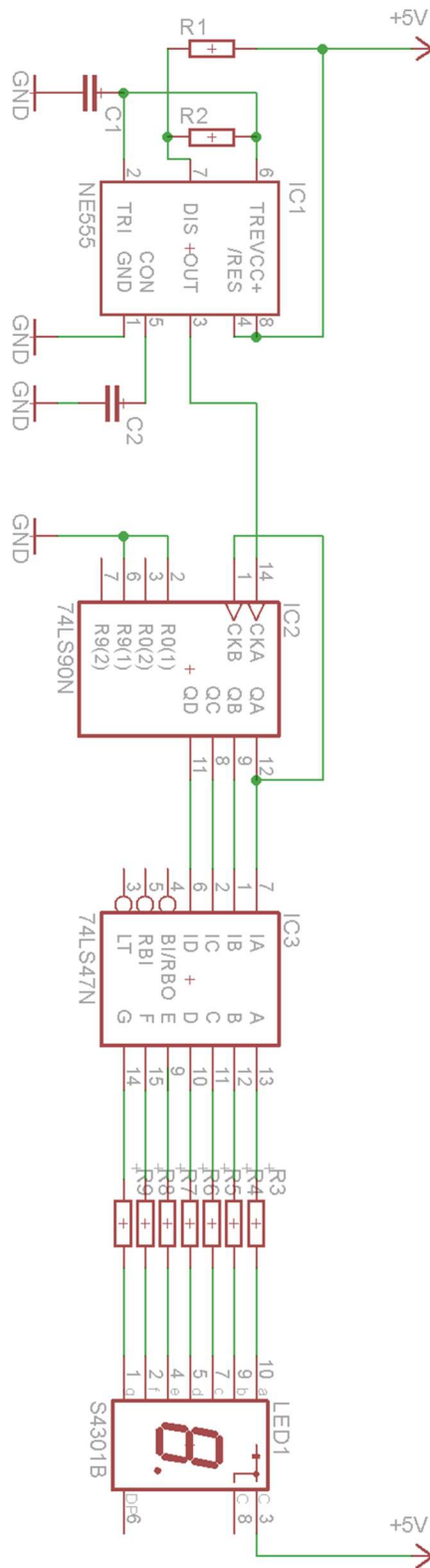
Je třeba vycházet z toho, jaké je napájecí napětí LED segmentů. Pro napájecí napětí 5 V je hodnota ochranných rezistorů v rozmezí od 220 Ω do 1 k Ω . Hodnota se odvíjí od velikosti proudu, který bude LED segmentem procházet. Z Ohmova zákona se pak hodnota proudu pro dané rozmezí rezistorů pohybuje od 5 do 22,7 mA. Pokud bychom volili menší hodnotu rezistorů, hrozí spálení LED segmentu. Pokud bychom volili naopak větší hodnotu rezistoru, tak by LED segment svítil nevýrazně. (Blahovec, 2005, s. 14)



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 21: Schéma zapojení segmentového LED displeje

2.5. Kompletní schéma zapojení čítače



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 22: Schéma zapojení kompletního čítače impulsů

3. Edukační využití

Práce svou složitostí a časovou náročností spadá spíše do zájmových činností v rámci pedagogiky volného času. Co se věkové kategorie týče, tak tento edukační model může být vhodný pro žáky 2. stupně základní školy.

Volný čas je vymezen časovým prostorem, který člověku poskytuje svobodnou volbu činností, kdy si jedinec vybírá činnost nezávisle na společenských povinnostech, vybírá si ji dobrovolně a činnost mu poskytuje příjemné zážitky a uspokojení. (Vážanský, 1995, s. 17)

„Pedagogika volného času se zabývá výchovou realizující se v době, kdy ten, kdo je vychováván, není ve škole, a to tedy nejspíš prožívá svůj volný čas.“ (Vyhnálková, 2013, s. 37)

„Zájmové vzdělávání stejně jako neformální vzdělávání tvoří nedílnou součást procesu celoživotního učení. Zájmové vzdělávání je právně ukotveno v zákoně č.561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon) a je zde definováno v § 111 jako vzdělávání poskytující účastníkům naplnění volného času zájmovou činností se zaměřením na různé oblasti.“ (MŠMT, Zájmové vzdělávání)

Zájmové činnosti, které rozvíjejí technické poznatky a manuální dovednosti, spadají do pracovních technických zájmových činností. Cílem těchto činností je upoutat pozornost mládeže a přivést je k tvoření různých prací společně s řešením témat ohledně techniky a vědy. (Vyhnálková, 2013, s. 52)

Práce může být vedena podle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP ZV) v oblasti *Člověk a svět práce* pro druhý stupeň v tematickém okruhu *Design a konstruování*. (Brant, 2004)

- Dle ČSP-9-2-01 je žák schopen sestavit podle návodu, náčrtu, plánu, jednoduchého programu daný model.
- Dále dle ČSP-9-2-02 je žák schopen navrhnout a sestavit jednoduché konstrukční prvky, u kterých je schopen ověřit jejich funkčnosti, stabilitu a nosnost.
- Dle ČSP-9-2-03 žák provádí montáž, demontáž a údržbu jednoduchých předmětů a zařízení.

- Dle ČSP-9-2-04 žák dodržuje zásady bezpečnosti s hygienou práce. Dále je poučen o bezpečnostních předpisech; při úrazu poskytne první pomoc.

(Metodický portál RVP, Vzdělávací obor-Člověk a svět práce-Design a konstruování)

Dalším tematickým okruhem v rámci RVP ZV *Člověk a svět práce* je pro druhý stupeň *Práce s laboratorní technikou*.

- Dle ČSP-9-6-01 si žák vybere a prakticky využije vhodné pracovní postupy, přístroje, zařízení a pomůcky pro vykonávání konkrétních měření a experimentů.
- Podle ČSP-9-6-02 žák vypracuje protokol o cíli, průběhu a výsledcích své experimentální práce, kde zmíní závěry, ke kterým dospěl.
- Dle ČSP-9-6-04 žák při práci dodržuje pravidla bezpečné práce a ochranu životního prostředí při experimentální práci.
- Podle ČSP-9-6-05 poskytne žák první pomoc při úrazu v laboratoři.

(Metodický portál RVP, Vzdělávací obor-Člověk a svět práce-Práce s laboratorní technikou)

4. Praktické zapojení na nepájivém poli

V teoretické části jsme se věnovali konkrétním integrovaným obvodům, ze kterých je čítač impulsů sestaven. Po ukázce jednotlivých obvodů jsme si představili kompletní schéma zapojení. Nyní přijde na řadu něco lepšího, než je čtení technických parametrů a funkcí obvodu. Nastal totiž čas si obvod na nepájivém poli reálně sestavit. Budeme k tomu potřebovat následující součástky.

4.1. Seznam součástek

Integrované obvody	NE555
	7490
	D146D (7447)
Optosoučástky	LED (libovolná barva)
	Segmentový LED displej se společnou anodou
Rezistory	3,3 M Ω
	1 k Ω
	7 x 470 Ω
Kondenzátory	220 nF (keramický nebo elektrolyt)
	10 až 100 nF (keramický nebo elektrolyt)
Vodiče	Nejlépe různé barvy (červená, černá a např. zelená)
Nepájivé pole	Větších rozměrů (např. 80 x 165 mm)
Napájení	Stejnoseměrný zdroj napětí 5 V
Multimetr	Nejlépe s funkcí prozvonění a funkcí testování LED (bývá to často ta samá funkce)

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 4: Seznam součástek

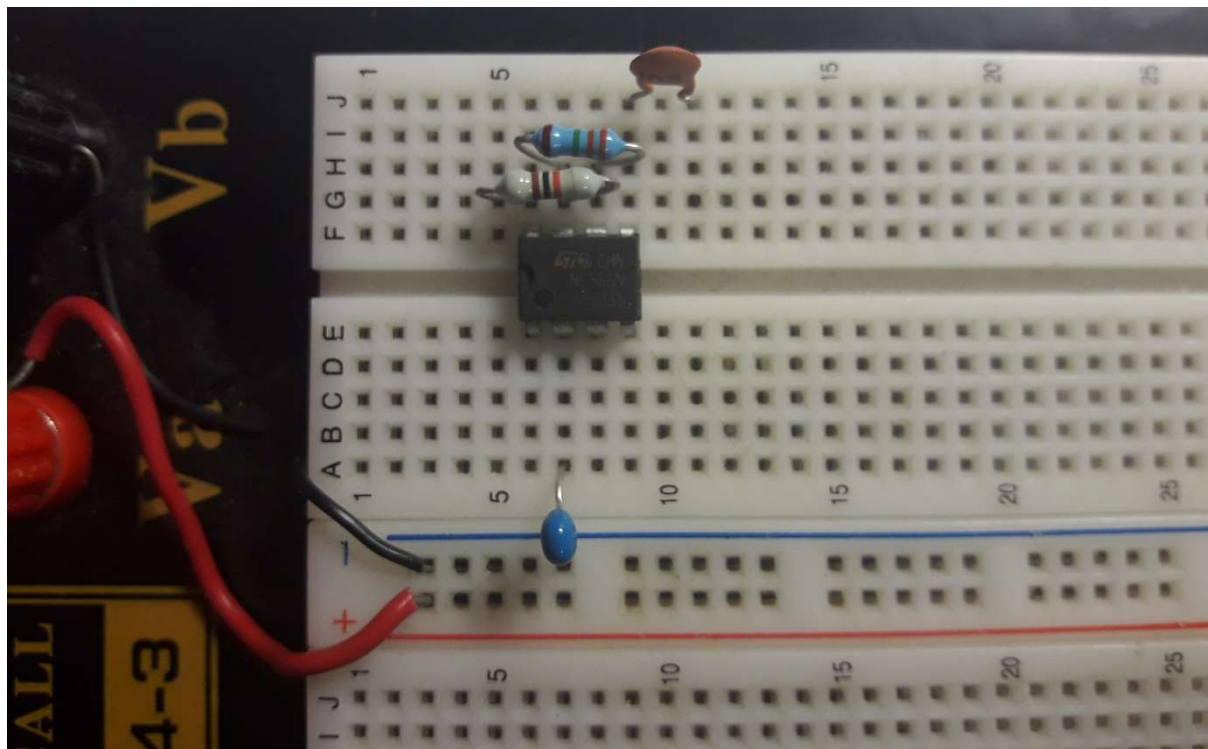
4.2. Zapojování krok po kroku

Čítač impulsů budeme sestavovat na nepájivém poli. *“Kontaktní nepájivé pole umožní velmi rychle sestavení a snadnou změnu i opravu obvodu“* (Šandera, 2003, s. 87). Pokud se podíváme na celkové schéma zapojení, tak první částí je zapojení integrovaného obvodu NE555, aby plnil funkci oscilátoru, který generuje obdélníkové signály o frekvenci 1 Hz. Na konci kapitoly 2.1. jsme pomocí výpočtů došli k hodnotám, při kterých bude NE555 generovat námi požadovanou frekvenci. Pro jistotu zde uvedu, že vypočítané hodnoty byly $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 3,3 \text{ M}\Omega$. Tyto hodnoty rezistorů se vztahují ke kondenzátoru $C_1 = 220 \text{ nF}$. Proto si pojdme připravit tyto součástky, které ještě doplní filtrující 10 až 100nF kondenzátor.

Vezmeme si nepájivé pole a umístíme do něj integrovaný obvod NE555. Umístíme si ho tak, aby protější piny NE555 nebyly vodivě propojeny! To je velice důležité. Využijeme

jímky na nepájivém poli a integrovaný obvod usadíme tak, že nám bude NE555 dělat pomyslný most – mezi protějšími piny bude jímka nepájivého pole. Jakým směrem otočíme NE555 záleží na nás. Avšak je třeba brát zřetel na to, aby se nám v pinech obvodu dobře orientovalo a nedošlo k chybnému zapojení, které by v lepším případě zajistilo nefunkčnost obvodu. V horším případě by chybné zapojení obvod zničilo. Osobně bych doporučil usadit NE555 zámkem směrem doleva, abychom měli v pravé části dostatečné místo pro pozdější zapojování.

Pro začátek je dobré si obvod osadit součástkami, a poté obvod propojit vodiči. Podle pracovního listu č. 1, který je součástí přílohy, zapojíme jednotlivé součástky. Pokud by měl někdo problém s orientací ve schématu, uvedu zde postup. Vezmeme rezistor R_1 (o hodnotě $1\text{ k}\Omega$) a zapojíme ho mezi piny 8 a 7. Druhý rezistor ($3,3\text{ M}\Omega$) zapojíme mezi piny 7 a 6. Kondenzátor, který může nabývat hodnoty 10 až 100 nF, připojíme jedním vývodem k pinu 5 a druhý vývod zapojíme mimo NE555. Poslední součástkou bude kondenzátor 220 nF, který propojí pin 2 se zemí (modrá linka). Tím, že jsme kondenzátor zapojili rovnou na zem, jsme si ušetřili jeden vodič. Pokud jste postupovali správně, tak by zapojení mohlo vypadat například takto.



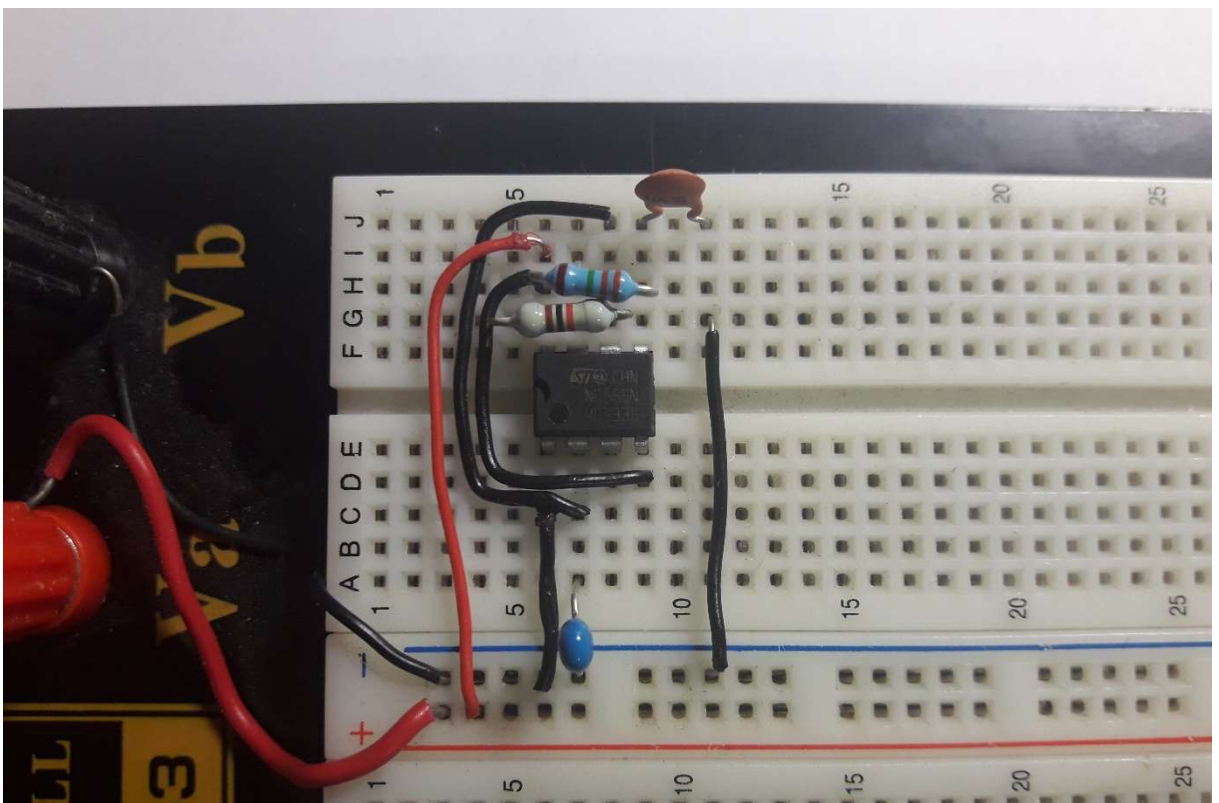
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 23: Osazení oscilátoru s NE555 součástkami

Další částí je propojení zbývajících pinů pomocí vodičů. Podle schématu doplníme obvod o zbývající propojovací vodiče.

Doporučení: Pokud budeme připojovat vodič, který vede na kladný pól napájení (+V_{CC}), tak je vhodné volit vodič s červenou barvou. Z hlediska přehledu a dodržování určitých postupů a pravidel v elektrotechnice se barvy vodičů, které jsou připojeny na kladný pól napájení, volí červené.

Propojíme zbylé piny se součástkami, abychom měli obvod kompletně zapojený jako oscilátor. Postupujeme podle schématu, a pokud si nejsme zcela jistí, tak opět pomohu. Za pomoci vodiče propojíme 2. pin s 6. pinem. Dále propojíme 4. pin s 8. pinem a nezapojený vývod kondenzátoru C₂ (10 až 100 nF) připojíme vodičem na zem. Nyní je potřeba připojit ještě napájení, vezmeme si vodič černé barvy a připojíme pin 1 na zem. Jako poslední vezmeme vodič červené barvy a připojíme pin 8 na kladný pól napájení, tzn. na plus. Tímto bodem máme kompletně zapojenou první část čítače impulsů. Reálné zapojení může vypadat například takto.



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 24: Zapojení NE555 v režimu oscilátoru

Nyní ověříme, zda jsme obvod zapojili správně. K tomu nám poslouží LED dioda s ochranným rezistorem o hodnotě 470 Ω . Od výstupu na pinu 3 vedeme rezistor 470 Ω , kde druhý vývod připojíme mimo obvod NE555. K tomuto vývodu poté připojíme LED diodu tak, že katodu připojíme na plus a anodu připojíme k druhému vývodu rezistoru. Zkontrolujeme si, jestli jsme obvod zapojili správně, a připojíme k obvodu zdroj napájení.

Zdroj napájení je v našem případě udáván jako 5 V stejnosměrných. Můžeme proto využít spínaný zdroj například z nabíječky na telefon nebo použít starší USB kabel připojený k PC či powerbance (návod je uvedený v příloze *Jak udělat zdroj stejnosměrného napětí 5 V*).

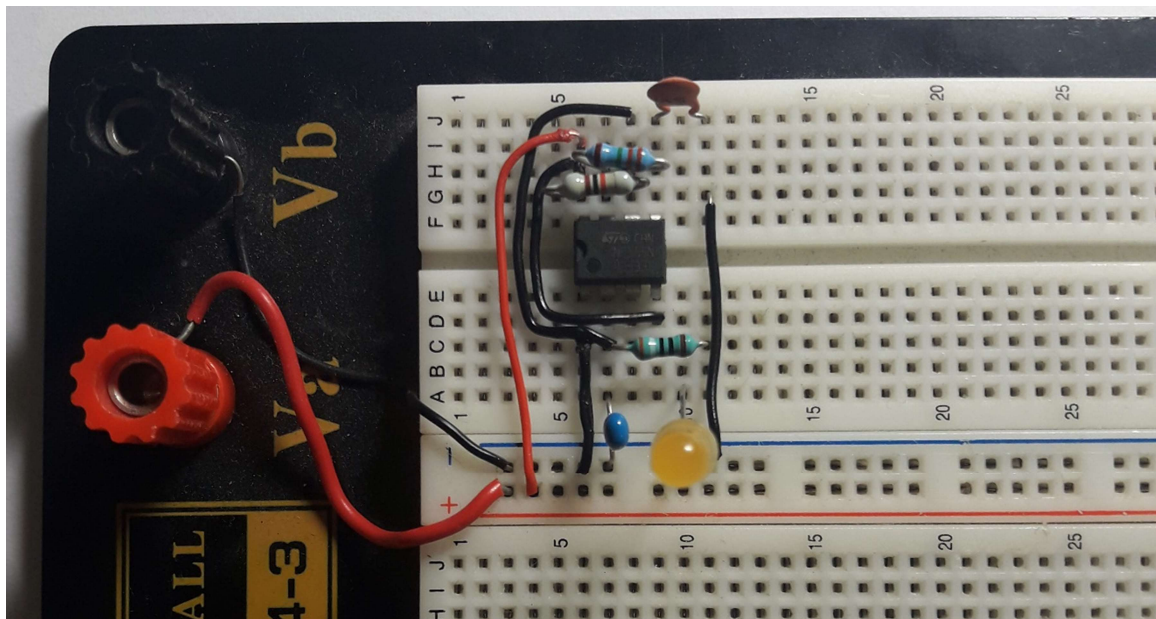
Připojíme kladný pól napájení do červeného sloupce nepájivého pole a záporný pól do modrého sloupce. Pokud jsme takto učinili, tak výsledkem tohoto zapojení je blikající LED dioda o frekvenci 1 Hz.

Pokud nám LED dioda neblíká, je třeba obvod okamžitě odpojit od napájení a zkontrolovat správnost zapojení.

Nejčastější příčiny nefunkčnosti:

- Nesprávné zapojení obvodu – nechtěné popletení pinu apod.
- Opačné zapojení napájení u integrovaného obvodu (V_{CC} a GND prohozeno).
- Špatné otočení integrovaného obvodu a s ním spojené špatné zapojení.
- Špatný kontakt – je třeba použít multimetr v režimu prozvonění a zkontrolovat, zda jsou jednotlivé části obvodu opravdu vodivě propojeny.
- Nízké nebo žádné napájecí napětí – menší než 4,5 V.
- Poškozená LED dioda.
- Poškozený integrovaný obvod.

Zapojení by pak mohlo vypadat například takto.



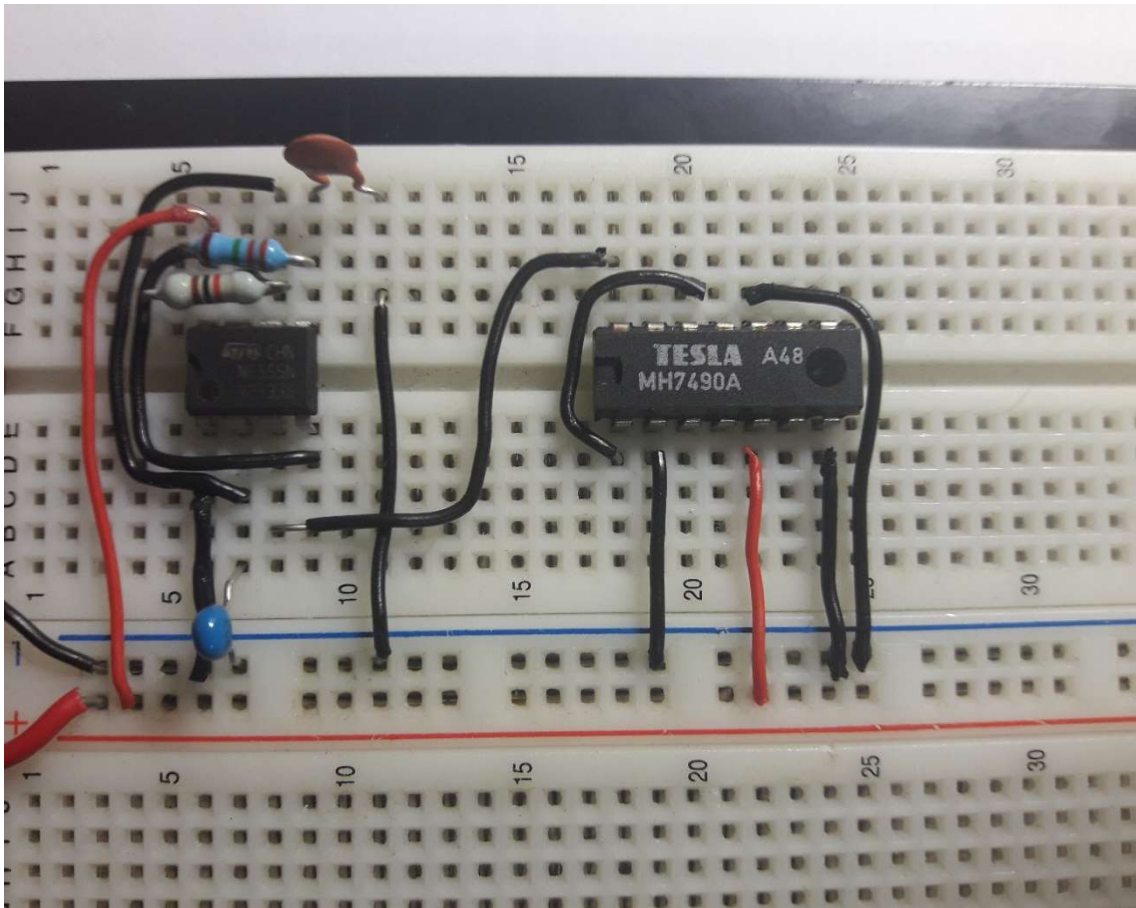
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 25: Zkušební zapojení oscilátoru s NE555 s LED diodou

Správné zapojení oscilátoru s NE555 je základním předpokladem k tomu, aby nám čítač impulsů fungoval.

Dalším integrovaným obvodem bude čítač 7490. Zapojíme proto tento obvod vedle obvodu NE555 a při vkládání jej zámek natočíme stejným směrem jako NE555. Obvod není doplněn o žádné součástky, takže se rovnou budeme věnovat propojování jednotlivých pinů obvodu. Podíváme se na pracovní list č. 2 a zapojíme obvod podle schématu.

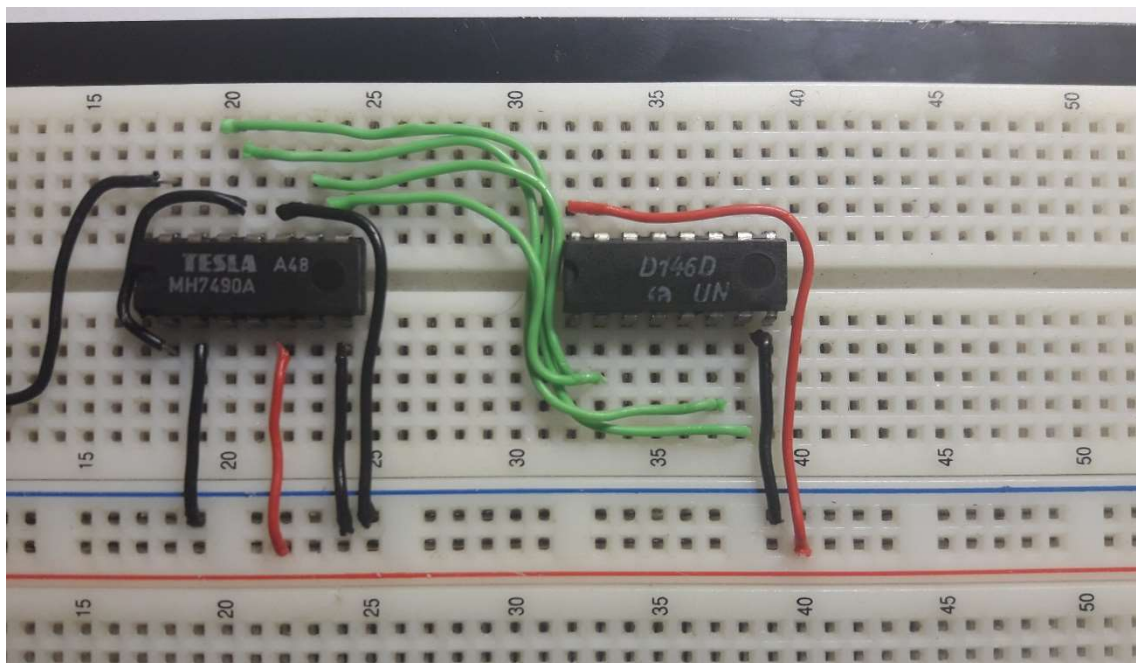
Pro ty, kteří si nejsou úplně jistí a potřebují pomoci, napíšu opět postup krok po kroku. Vezmeme si vodič černé barvy a propojíme 3. pin NE555 se 14. pinem 7490. Tím jsme si propojili výstup oscilátoru s prvním hodinovým vstupem čítače. Dále už budeme propojovat piny jen na čítači 7490. Připojíme čítač na napájení – 5. pin (V_{CC}) připojíme červeným vodičem na kladný pól napájení a 10. pin (GND) připojíme na zem. Nyní si rozšíříme čítač tak, že propojíme 1. pin s 12. pinem. Poté už nám stačí piny 2 a 7 připojit na zem. Tímto krokem jsme zapojili čítač do stavu MOD 10.



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 26: Propojení oscilátoru s čítačem 7490 a jeho následné zapojení

Dalším krokem je zapojení dekodéru 7447, který je značen jako D146D. Umístíme si tento obvod do nepájivého pole a opět klademe důraz na to, abychom zámek obvodu otočili na správnou stranu, aby zámek směřoval ke dvěma integrovaným obvodům, které jsou již zapojeny. Dále zapojíme obvod podle pracovního listu č. 3. Pro jistotu zde popíšu postup jednotlivých zapojení krok po kroku. Vezmeme si čtyři vodiče a propojíme výstupy čítače se vstupy dekodéru. Na pracovním listu č. 3 můžeme v tabulce přehledně vidět, jaký pin čítače se má propojit s jakým pinem dekodéru. Po propojení těchto čtyř pinů nám už zbývá připojit obvod na napájení. Pin číslo 8 připojíme na zem a pin číslo 16 připojíme na kladný pól napájení. Pro přehlednost a lepší orientaci jsem k propojení výstupů čítače a vstupu dekodéru použil vodiče zelené barvy. Zapojení pak může vypadat následovně.



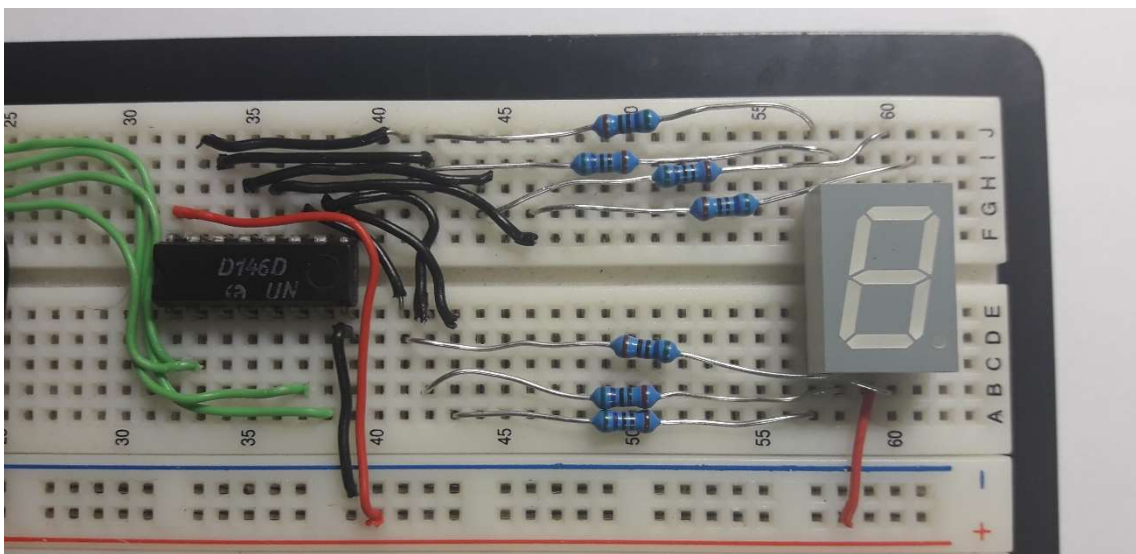
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 27: Propojení čítače 7490 s dekodérem a jeho následné zapojení

Bližíme se k závěru našeho zapojení čítače impulsů. Poslední částí je propojení segmentového LED displeje s výstupy dekodéru.

Na začátek musím upozornit, že poslední zapojení je, co se týče orientace, poměrně náročné. Proto není potřeba zbrklého a rychlého zapojování, které by vedlo k příčině vzniku nechtěných chyb. Vezmeme si pracovní list č. 4 a zapojíme obvod podle schématu. Pokud si nejsme jistí, uvedu zde opět postup zapojení. Máme za úkol propojit výstupy dekodéru na vývody katod jednotlivých LED segmentů, a to tak, že v každé cestě musí být zapojen ochranný rezistor. Doporučil bych, ať si za pomoci vodičů vyvedeme jednotlivé piny dál od pouzdra integrovaného obvodu, kde se nám tím pádem naskytne větší prostor k umístění jednotlivých rezistorů. Po tomto bodu si umístíme segmentový LED displej do nepájivého pole a umístíme ho tak, že se tečka nachází v pravém dolním rohu s tím, že protější vývody nejsou vodivě propojeny – mezi protějšími vývody se nachází nevodivá jímka jako u všech předešlých obvodů. Poté červeným vodičem připojíme displej na kladný pól napájení – můžeme si vybrat, zda chceme zapojit horní či dolní vývod V_{CC} , oba jsou zapojeny ve stejném bodu. Mezi výstupy dekodéru a vývody katod LED segmentů budeme poté připojovat rezistory. V našem případě to budou rezistory o hodnotě 470Ω , ale mohou být i jiné (v rozmezí od 220Ω do $1 \text{ k}\Omega$). Nejprve vyřešíme horní část katod segmentového LED displeje. Nachází se zde katody

k segmentům označených jako G, F, A, B. Rezistorem propojíme 14. pin dekodéru s horním vývodem LED displeje značeným jako G. Další propojení rezistorem bude realizováno mezi 15. pinem dekodéru a vývodem displeje značeným jako F. Pak přijde na řadu 13. pin dekodéru s vývodem A a 12. pin s vývodem B. Tímto bodem je vyřešena horní větev. Teď už zbývá spodní větev s vývody E, D, C. Rezistorem propojíme 9. pin s vývodem E a 10. pin s vývodem D. Poslední, co je potřeba udělat, je propojení 11. pinu s výstupem C. Bystrému oku však neuteklo, že nám zůstal nezapojený segment H. Pokud se podíváme na pracovní list č. 4 nebo na obrázek č. 20, zjistíme, že segment H je tečka. Pokud budeme chtít, aby se nám při čítání objevovalo číslo s tečkou, tak zapojíme vývod H na zem. Pokud tak neučiníme, tečka nám jednoduše svítit nebude.



Zdroj: vlastní zpracování

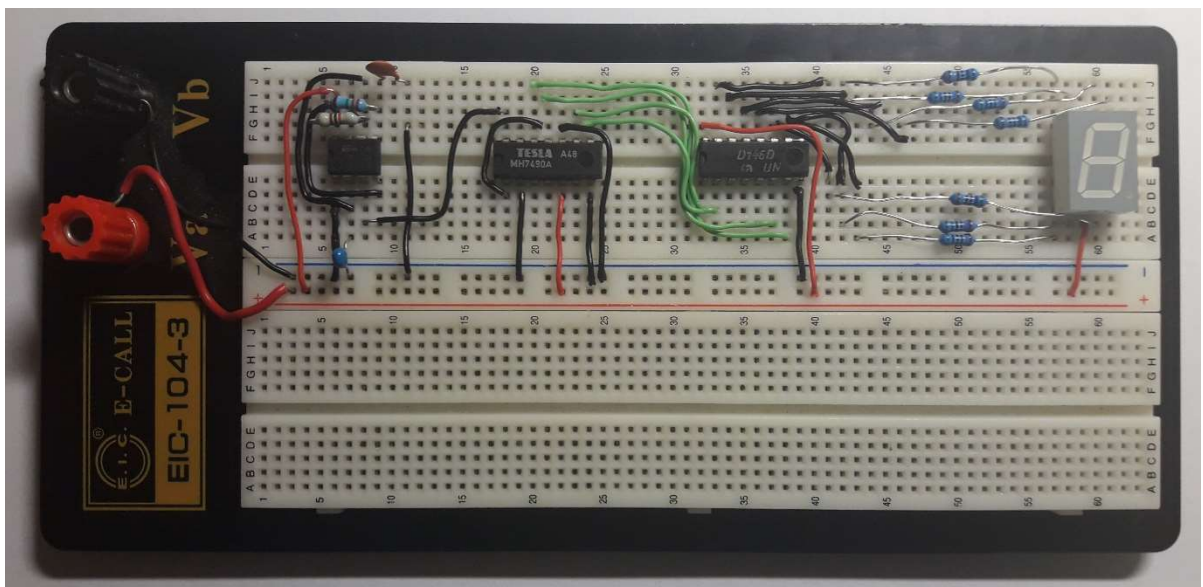
Obrázek 28: Propojení dekodéru s výstupním segmentovým LED displejem

Zapojení čítače impulsů s využitím integrovaného obvodu 7490 je tímto kompletní. Nastal čas kontroly. Ještě předtím, než zapojíme obvod pod napájení, si zkontrolujeme, zda jsou V_{CC} a GND obvodů zapojeny správně, čímž předejdeme tomu, abychom si obvody zničili. Připojíme celkové zapojení pod napájení. Do červené linky připojíme +5 V a do černé připojíme GND.

Pokud po připojení začal displej ukazovat digitální číslice od 0 do 9 s tím, že se po vypsání deváté číslice objeví opět nula, tak gratuluji k úspěšnému zapojení čítače impulsů.

Pokud se nic neděje nebo se ukazují nesprávné číslice, odpojíme obvod od napájení a zkontrolujeme, zda nemohlo dojít k těmto chybám:

- Obvod není pod napájením – nezapojili jsme USB do powerbanky nebo zdroj do sítě.
- Došlo k prohození V_{CC} a GND.
- Opačné uložení integrovaných obvodů (zámek je jinak otočen, zapojení proto neodpovídá).
- Nesprávné zapojení – nutno zkontrolovat jednotlivé zapojení každého obvodu.
- Vývody rezistorů se dotýkají a LED segmenty svítí, i když nemají.
- Špatný kontakt na nepájivém poli – zkontrolujeme si multimetrem v režimu prozvonění.
- Poškozený segmentový LED displej nebo některý integrovaný obvod.
- Příliš nízké napájecí napětí (pod 4,5 V) nebo příliš vysoké (nad 5,25 V).
- Zvolili jsme nedopatřením LED segment, který má segmenty zapojené se společnou katodou.
- Zvolili jsme nedopatřením dekodér, který má aktivní výstup v logické jedničce.



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 29: Kompletní zapojení čítače impulsů s využitím IO 7490

Pokud se případná chyba podařila najít a opravit, tak jste šikovní a v žádném případě neklesejte na mysli, protože i chybami se člověk učí. A najít chybu je někdy opravdový oříšek i pro zkušeného elektrotechnika.

4.3. Rozšíření čítače impulsů

Pokud bylo zapojování zábavné a chtěli bychom si čítač rozšířit o čítání od 0 do 99, můžeme dosavadní obvod poměrně jednoduše nadstavit druhou větví, ve které se budou opakovat všechny integrované obvody kromě oscilátoru s NE555. Na úvod je třeba říct, že k rozšíření tohoto zapojení je nutné mít všechny součástky z prvního zapojení celkem dvakrát (vyjma NE555) a je potřeba mít nepájivé pole větších rozměrů, na kterém by se obvod dal zrealizovat.

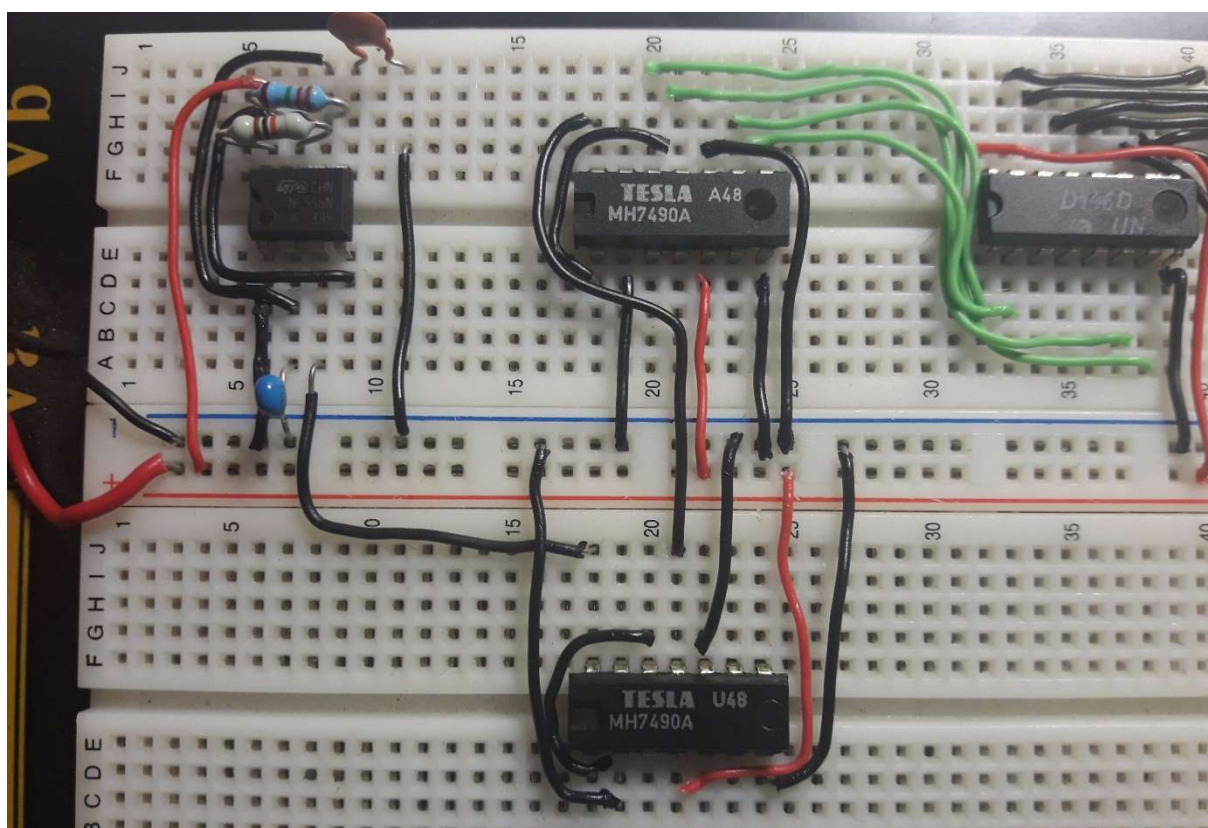
Postup je nyní takový, že si podle pracovního listu č. 5 zapojíme druhý čítač 7490 do kaskády. Avšak na pracovním listu č. 5 jsou uvedeny dvě schémata. Princip je skoro stejný, jediný rozdíl je v tom, že si jednotlivým zapojením určujeme, na kterém LED displeji se budou vyobrazovat jednotky a na kterém LED displeji se budou zobrazovat násobky deseti. Abych to lépe vysvětlil, při verzi A se nám jednotky budou zobrazovat na horní větvi (0, 1, 2, 3, ..., 9) v okamžiku, kdy se čítač vynuluje, se změní v dolní větvi 0 na 1. To znamená, že čítač pokračuje v čítání (10, 11, 12, 13, ... 19) a v momentě, kdy se čítač opět vynuluje se v dolní větvi zobrazí 2. Verze B funguje přesně naopak. Jednotky se zobrazují na spodní větvi a násobky deseti na horní větvi. Rozdíly jsou v tom, že v případě verze A vstupuje signál z oscilátoru s NE555 do prvního hodinového vstupu čítače v horní větvi a výstup horního čítače Q_D se propojí s pinem prvního hodinového vstupu čítače dolního. Verze B je naopak taková, že signál z oscilátoru vstupuje do prvního hodinového vstupu čítače v dolní větvi a výstup dolního čítače Q_D se propojí s pinem prvního hodinového vstupu čítače horního.

Zapojíme obvod podle námi zvoleného schématu uvedeném na pracovním listě č. 5 a v případě nutnosti se vrátíme k teoretickému rozboru, který je uveden na konci kapitoly 2.2. Čítač 7490. Pokud ještě nemáte jistotu, že obvod dokážete podle schématu zapojit, uvedu zde opět postup zapojení schématu verze B.

Odpojíme vodič, který propojuje výstup oscilátoru NE555 a první hodinový vstup čítače 7490 v horní větvi. Vezmeme si druhý čítač 7490 a vložíme jej do nepájivého pole do dolní větve na stejnou vzdálenostní úroveň, v jaké je čítač v horní větvi. Zámek integrovaného obvodu je opět otočen směrem k oscilátoru a mezi protějšími piny integrovaného obvodu je nevodivá jímka nepájivého pole. Jakmile máme usazeno, propojíme výstup oscilátoru s prvním hodinovým vstupem čítače v dolní větvi

(to je ten čítač, který jsme před chvílkou osazovali). Konkrétně propojíme 3. pin oscilátoru se 14. pinem čítače v dolní větvi. Dalším krokem bude rozšíření čítače pro MOD 10, které provedeme propojením 1. pinu s 12. pinem na čítači v dolní větvi. Vezmeme si poté vodič černé barvy, kterým propojíme výstup Q_D ležící na 11. pinu dolního čítače s prvním hodinovým vstupem čítače horního, který se nachází na 14. pinu. Dále pak připojíme čítač na napájení tak, že pin 5 připojíme červeným vodičem na kladný pól napájení (+) a pin 10 připojíme černým vodičem na zem (GND neboli -). Na řadu přichází připojit hradla NAND na GND, piny 2 a 7 napojíme na zem.

Zapojení může vypadat například následovně.



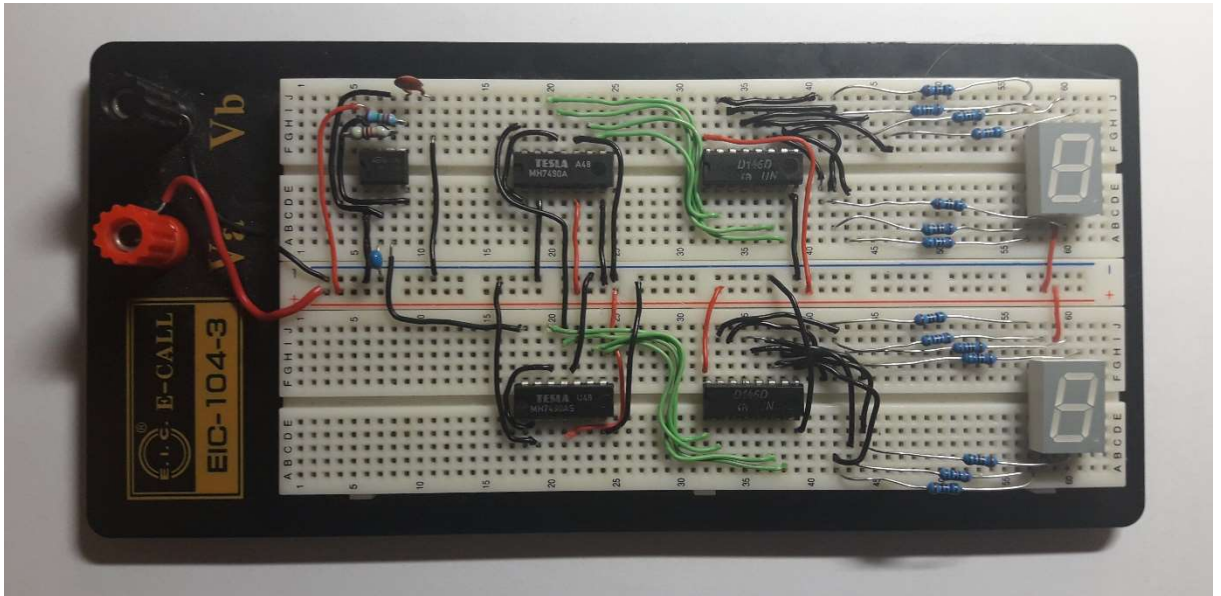
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 30: Zapojení dvou čítačů 7490 do kaskády

Další zapojení jsou naprosto stejná jako u předchozího nerozšířeného čítače impulsů. Proto si vezmeme opět pracovní listy, které jsou součástí přílohy. V zapojení postupujeme podle pracovních listů č. 3 a 4. Opět zapojíme dekodér 7447 a LED displej s rezistory. Pokud si opět nejsme jistí, přejdeme na stranu č. 39, kde je popsán postup práce, který provedeme pro dolní větev.

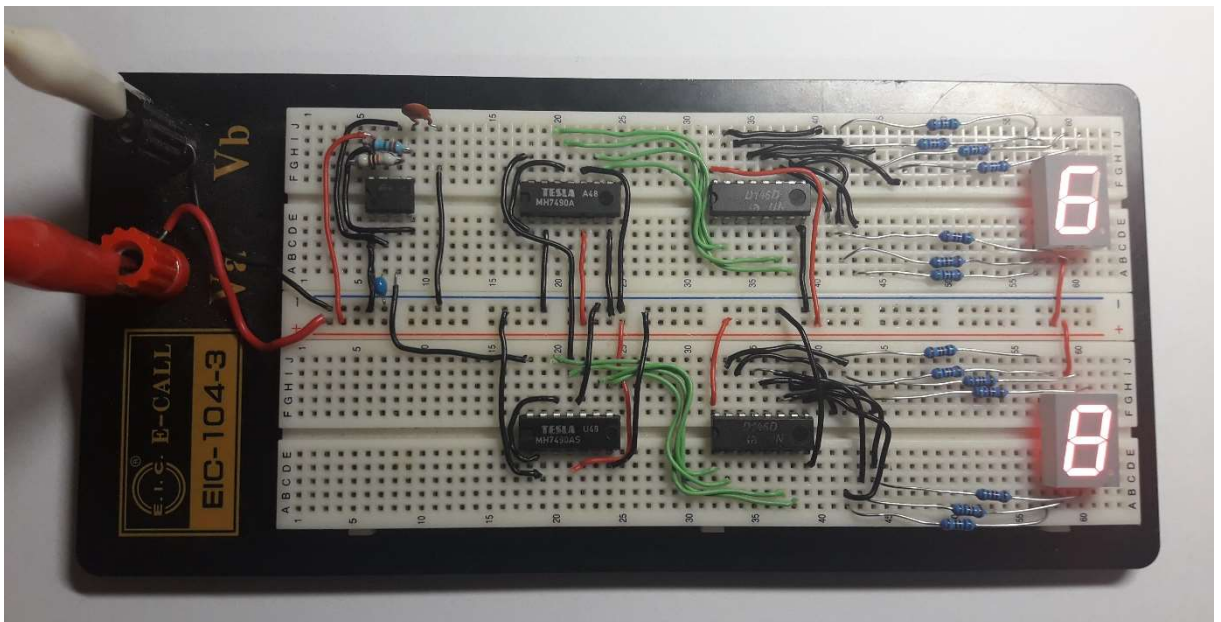
Pokud jste obvod úspěšně zapojili a po připojení napájení vše pracuje, jak má, tak opět blahopřeji. Dle mého názoru je zapojení tohoto obvodu poměrně složitá záležitost, avšak domnívám se, že s trochou trpělivosti, píle a pečlivosti lze obvod úspěšně zrealizovat.

Kompletní zapojení pak může vypadat například takto.



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 31: Kompletní zapojení rozšířeného čítače impulsů



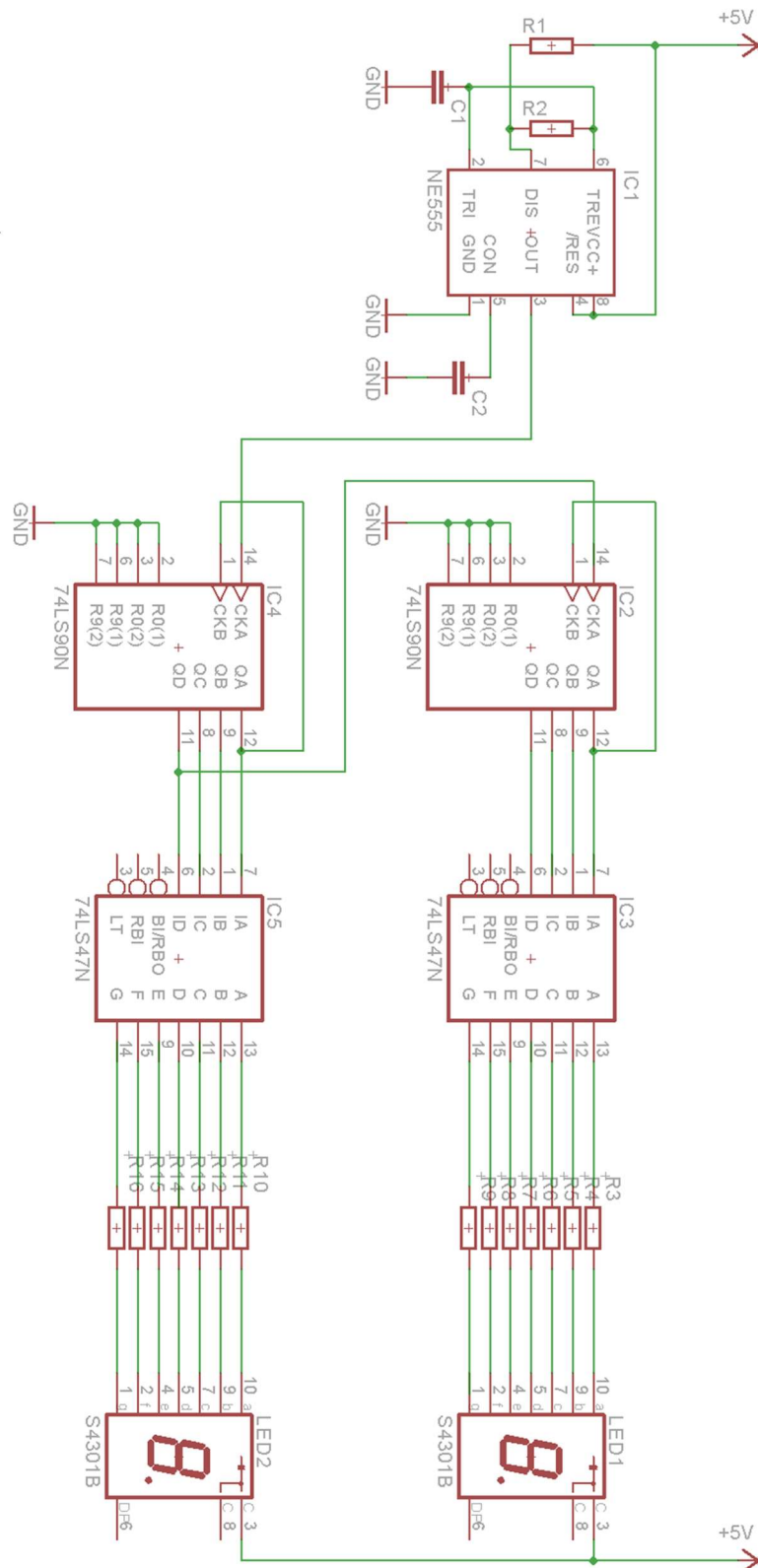
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 32: Rozšířené zapojení pod napájením (vyobrazené číslo 68)

Pokud po připojení napětí čítač nefunguje, došlo k nějaké chybě. Neprodleně odpojíme čítač od napájení a podíváme se na seznam možných chyb, které jsou uvedeny na straně č. 43.

Pevně věřím, že případnou chybu zvládnete najít a edukační model čítač impulsů s využitím integrovaného obvodu 7490 v rozšířeném režimu čítání dotáhnete do úspěšného konce.

4.4. Schéma rozšířeného edukačního modelu čítače impulsů

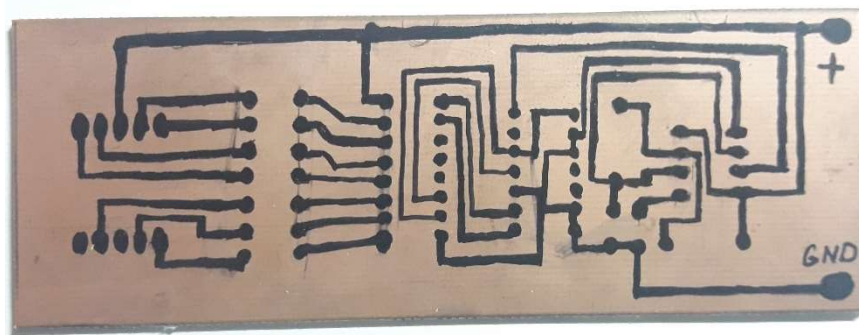


Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 33: Schéma zapojení rozšířeného čítače impulsů

5. Realizace čítače impulsů na desce plošných spojů

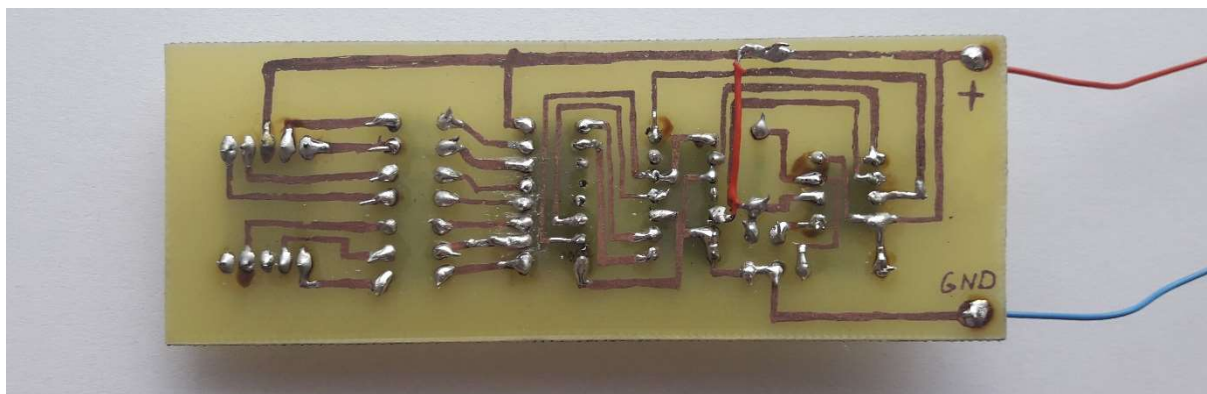
V rámci ukázky vytvoření čítače impulsů na desce plošných spojů jsem zvolil výrobu nerozšířeného čítače. Na začátku práce byl vytvořen návrh desky za pomoci programu *EAGLE*, kde se pak výsledný návrh zrcadlově obrátil a překreslil pomocí kvalitní lihové fixy na cuprextitovou desku. Při návrhu desky byl kladen důraz na to, aby nákras velikostně umožňoval reálné zapojení těchto integrovaných obvodů a součástek. Výsledný nákras vypadal pak takto.



Zdroj: vlastní zpracování

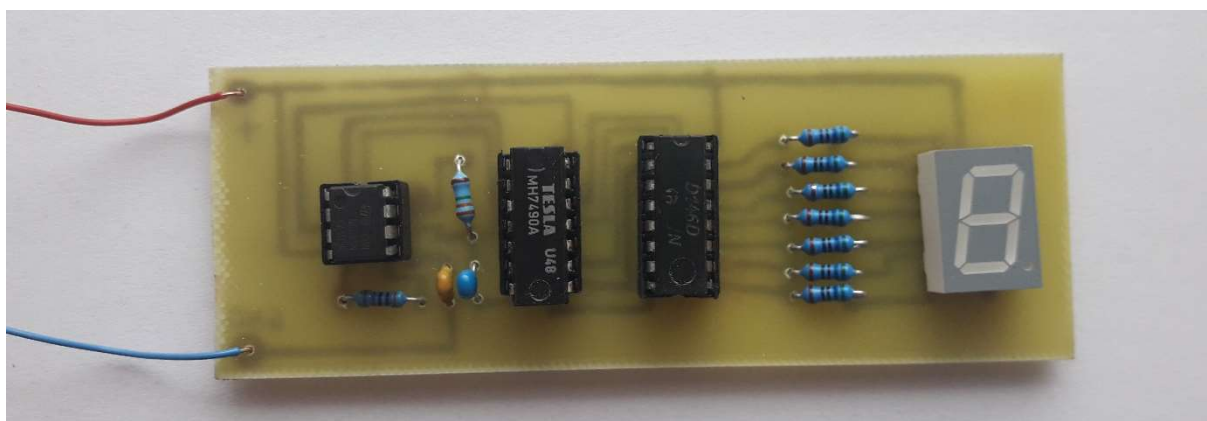
Obrázek 34: Návrh čítače impulsů na cuprextit

Dalším krokem bylo samotné leptání, kde se za pomoci leptacího roztoku odstranil fixem neoznačený měděný povrch. Měděný povrch pod fixem označenou částí zůstal zachován. Na řadu přišlo umytí čar od fixy, které se umyly alkoholem (líh). Poté proběhlo vyvrtání děr v místech, kde se bude deska osazovat součástkami či vodiči. Díry se vrtaly pomocí vrtáku o průměru 0,7 mm, který byl upnut ve vrtačce. Takto nachystaná deska byla poté osazena paticemi na integrované obvody typu DIL, a to konkrétně DIL8 pro integrovaný obvod NE555, DIL14 pro čítač 7490 a DIL16 pro dekodér 7447 (D146D). Patice umožňují jednodušší výměnu vadného integrovaného obvodu, kde se poškozený obvod nemusí demontovat za pomoci pájení, ale jednoduše se z patice vyjme. Po připájení těchto patic přišlo na řadu připájet segmentový LED displej. Všechny součástky byly pájeny pomocí mikropájky, která je velice vhodná pro pájení malých vývodu patic pro integrované obvody. Dále se pokračovalo v osazování a pájení podle schématu na obrázku č. 22. Výsledný spájený výrobek byl poté osazen integrovanými obvody, které se vložily do patic. Poslední zkonstruovanou částí bylo připájení napájecích vodičů červené a modré barvy, na které se bude připojovat napájení celého obvodu.



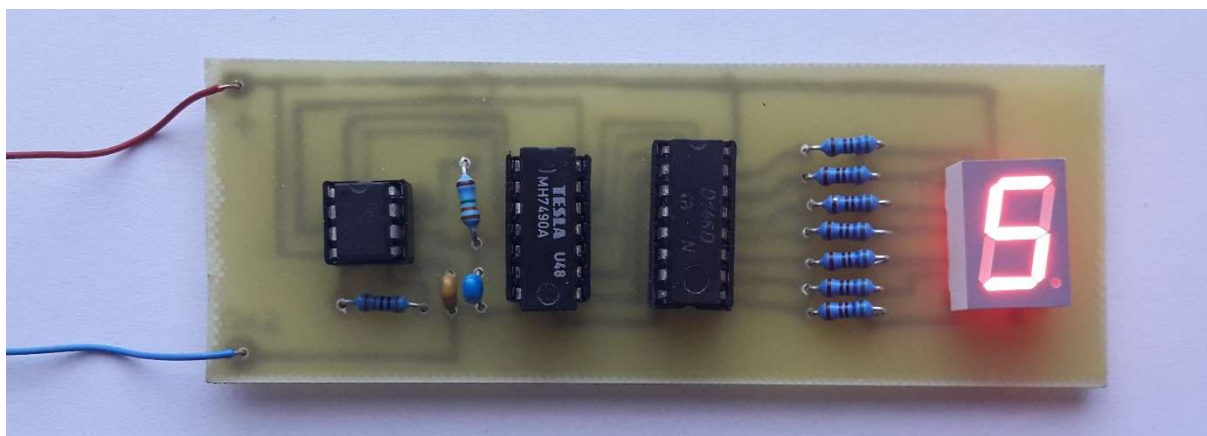
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 35: Spájená DPS (pohled zezadu)



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 36: Hotová DPS (pohled zepředu)



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 37: Hotová DPS zapojená pod napájení (vyobrazené číslo 5)

Takto zhotovený výrobek je plně nachystán jako úvodní motivace pro žáky, kteří byli seznámeni s tímto zapojením a jsou připraveni si takový obvod sami na nepájivém poli sestavit. Po shlédnutí a ukázce, co daný obvod dělá, si žáci mohou vytvořit představu o tom, co je bude čekat a jak bude vypadat konečný výstup jejich snažení.

6. Měření elektrických veličin na nepájivém poli

Na řadu nyní přichází měření, pomocí kterého si zkontrolujeme, zda se v obvodu nevyskytuje větší napětí, které by mohlo některé z obvodů v budoucnu poškodit. Zásadní pro nás bude změřit si jednotlivá napájecí napětí každého integrovaného obvodu a porovnat jej s napájecím napětím uvedeným v katalogu. Dále bychom si změřili elektrický proud a napětí na zvoleném segmentu LED displeje. Jelikož se domnívám, že rozšířený edukační model čítače s dvěma čítači 7490 nemusí mít všichni zapojený, provedeme kontrolní měření na čítači nerozšířeném. Pokud máte zapojený rozšířený čítač, tak zapojení nemusíte rozebírat a měření můžete bez problému provést na rozšířeném čítači.

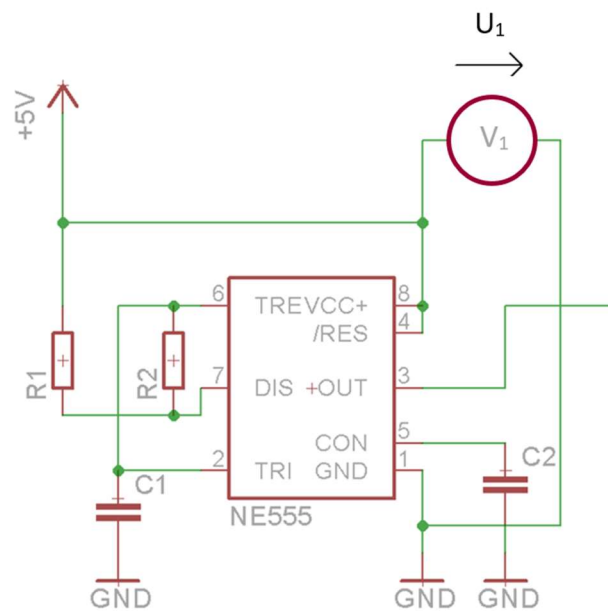
K měření využijeme multimetr. Pokud nemáte multimetr, můžete využít samostatný voltmetr a ampérmetr, avšak koupí multimetru bych do budoucna zvážil. Já konkrétně používám digitální multimetr značky FKtechnics typ FK8550, který je podle mého názoru kvalitní a osobně jsem s ním spokojen.



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 38: Multimetr FKtechnics typ FK8550

Měření jednotlivých napětí na integrovaných obvodech je poměrně jednoduchá záležitost, u které se však dá dopustit spousty chyb. Začneme u samotného multimetru, který má dva měřící hroty (červené a černé barvy). Černý měřící kabel zapojíme do zdířky COM a druhý červený kabel připojíme do zdířky, která je označena „VΩmA“, to znamená, že můžeme měřit elektrické napětí, elektrický odpor a elektrický proud do maximální předepsané hodnoty (v našem případě je maximální hodnota měřeného elektrického proudu 200 mA). Pokud máme hroty takto správně zapojeny, tak při měření budeme červený hrot přikládat na + a černý hrot budeme přikládat ke GND.



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

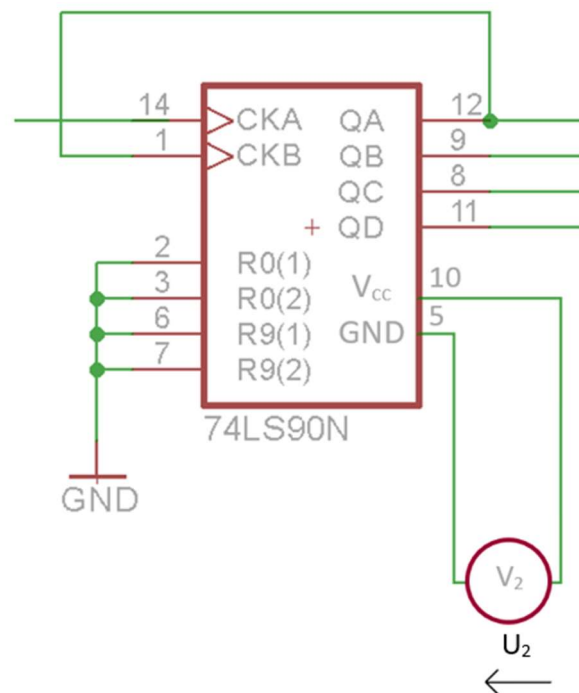
Obrázek 39: Schéma měření napájecího napětí na NE555

Obvod odpojíme od napájení a zapojíme multimetr podle schématu, které je na obrázku č. 39. Jelikož měříme napětí, zapojujeme multimetr paralelně (obrázek č. 39). Přepneme multimetr do režimu měření stejnosměrného napětí ve vhodném rozsahu a jelikož víme, že napájíme obvod 5 V stejnosměrnými, napětí na integrovaném obvodu bude odhadem také okolo 5 V. Proto je vhodné a zároveň i bezpečné zvolit nejbližší vyšší rozsah, který je v našem případě do 20 V stejnosměrných. Pokud máme problém s orientací ve schématu, přiložíme jednoduše červený měřící hrot na 8. pin NE555 a černý měřící hrot připojíme na 1. pin NE555. Připojíme poté obvod pod napájení a odečteme hodnotu na digitální displeji multimetru. Obvod poté odpojíme od napájení.

V mém případě jsem odečetl hodnotu $U_1 = 4,84$ V. Pokud se podíváme na pracovní rozsah napájení integrovaného obvodu NE555, tak je zde uveden rozsah od 4,5 do 16 V.

Lze tedy konstatovat, že změřené napájecí napětí je vyhovující a obvod se v delším horizontu vlivem vysokého napětí nepoškodí.

Další měření provedeme na integrovaném obvodu 7490, u kterého změříme také napájecí napětí. Postupujeme podle schématu, které je vyobrazeno na obrázku č. 40. Napětí změříme obdobným způsobem jako u předchozího měření a to tak, že červený hrot připojíme tentokrát na 10. pin 7490 a černý hrot připojíme na 5. pin 7490. Rozsah na multimetru opět postačí do 20 V stejnosměrných. Obvod poté připojíme pod napájení a odečteme hodnotu na digitálním displeji multimetru. Obvod opět odpojíme od napájení.



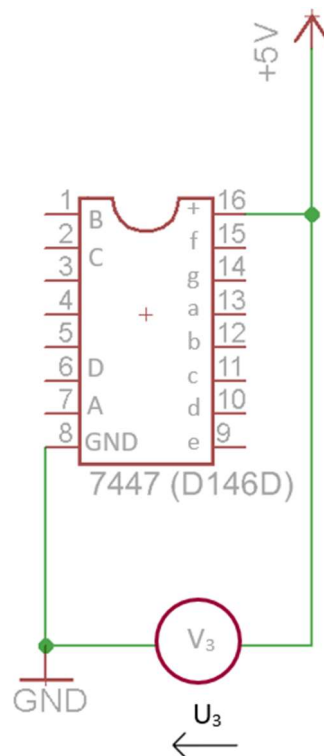
Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 40: Schéma měření napájecího napětí čítače 7490

V mém případě se na displeji zobrazila hodnota $U_2 = 4,82$ V. Pokud se podíváme na pracovní rozsah napětí integrovaného obvodu 7490, zjistíme, že je zde uveden rozsah od 4,75 do 5,25 V. Lze opět konstatovat, že změřené napájecí napětí je pro obvod vyhovující a nemělo by dojít k jeho poškození vlivem vysokého napětí.

Další na řadě je změření napájecího napětí u integrovaného obvodu 7447 (D146D). Postupujeme tak, že multimetr zapojíme podle schématu vyobrazeném na obrázku č. 41. Červený hrot přiložíme na 16. pin 7447 a černý hrot multimetru přiložíme na 8. pin 7447. Rozsah zvolíme opět do 20 V stejnosměrných a připojíme obvod pod napájení. Odečteme poté hodnotu na digitálním displeji multimetru. Jakmile máme hodnotu odečtenou, obvod odpojíme od napájení.

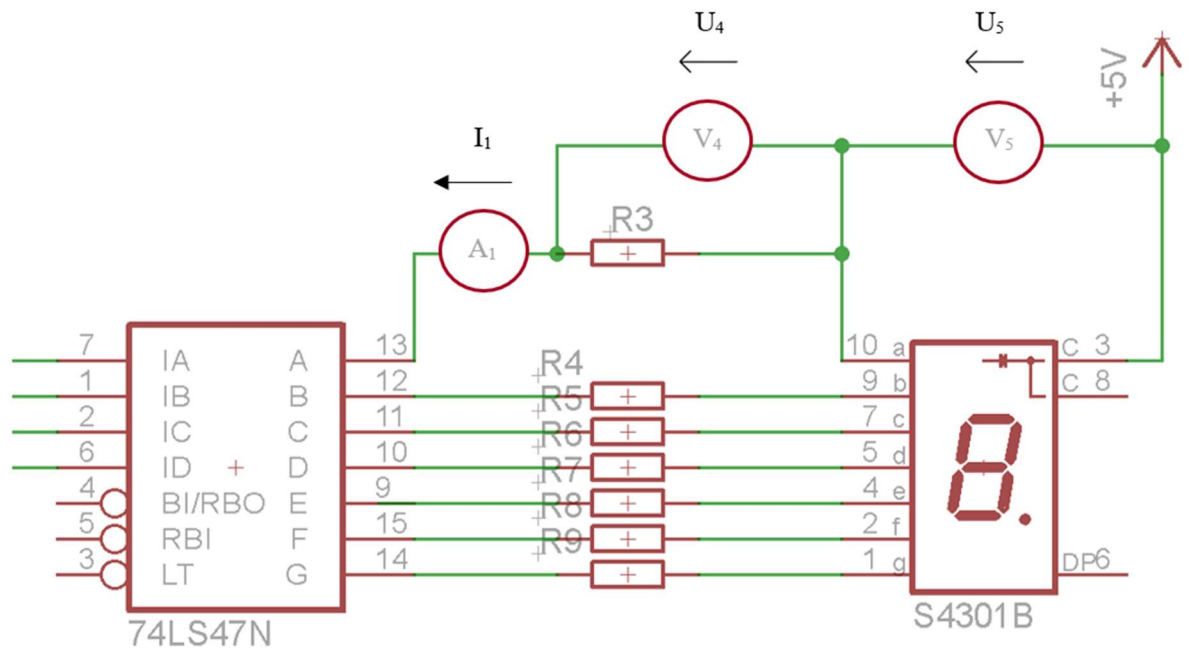
Naměřená hodnota, která byla zobrazena na displeji činila $U_3 = 4,83 \text{ V}$. Podíváme se proto na pracovní rozsah napětí integrovaného obvodu 7447 (D146D) a zjistíme, že se rozsah napětí pohybuje od 4,75 do 5,25 V. Změřené napájecí napětí je pro obvod bezpečné a nemusíme se obávat případného poškození obvodu.



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 41: Schéma měření napájecího napětí dekodéru 7447 (D146)

Nyní nás čeká měření elektrického napětí a proudu na svítivém segmentu segmentového LED displeje. Měření elektrického napětí už známe, ale jak se měří hodnota elektrického proudu? Při měření elektrického proudu se měřicí přístroj zapojuje do série. Schéma zapojení můžeme vidět na obrázku č. 42.



Zdroj: vlastní zpracování v programu EAGLE 6.5.0

Obrázek 42: Schéma měření napětí a proudu na segmentovém LED displeji

Ve schématu jsou zakresleny tři měřicí přístroje, avšak my obvod dokážeme změřit postupně jedním přístrojem – multimetrem. Nejprve změříme elektrický proud, který protéká měřicím přístrojem A_1 . Dále změříme úbytek napětí na ochranném rezistoru a na závěr změříme úbytek napětí na svítivém segmentu LED displeje. Z tohoto schématu budeme mít tři naměřené hodnoty elektrických veličin. Nejprve změříme elektrický proud protékající měřicím přístrojem A_1 , což je v našem případě multimetr nastavený na měření elektrického proudu. Odpojíme obvod od napájení a rozpojíme místo mezi rezistorem a pinem dekodéru.

K 13. pinu dekodéru přiložíme černý měřicí hrot multimetru a k levému vývodu rezistoru (před tělem rezistoru) vedoucímu k vývodu „A“ připojíme červený měřicí hrot multimetru. Ve schématu je znázorněno měření segmentu „A“, můžeme si však zvolit libovolný segment s tím, že je postup totožný. Nyní nastavíme rozsah na multimetru a nastavíme ho na 20 mA stejnosměrných. Poté připojíme obvod pod napájení

a v momentu, kdy se rozsvítí horní segment „A“, vytáhneme vodič, který propojuje výstup z NE555 s prvním hodinovým vstupem čítače 7490. Tím se docílí toho, že se čítání přeruší a na displeji zůstane zobrazena požadovaná číslice se svítícím segmentem „A“. Nyní na multimetru odečteme hodnotu elektrického proudu, který protéká segmentem. Obvod poté odpojíme od napájení.

Protékající elektrický proud je podle mého měření $I_1 = 5,08 \text{ mA}$. Jak bylo v teoretické části zmíněno, proud protékající LED diodou by neměl překročit hodnotu 20 mA, při které hrozí zničení součástky. Naměřené napětí je menší než 20 mA a po signalizační stránce svítí segment dostatečně silně.

Dalším měřením si zjistíme úbytky napětí na rezistoru a svítivém LED segmentu displeje. Nejdříve opět propojíme odpojenou část mezi pinem a rezistorem a zapojíme měřící přístroj V_4 (multimetr v režimu měření napětí). Přiložíme černý měřící hrot na levý vývod rezistoru (na straně dekodéru) a druhý červený měřící hrot přiložíme na pravý vývod rezistoru (za tělem rezistoru). Přepneme multimetr pro měření elektrického napětí v rozsahu 20 V stejnosměrných a připojíme obvod pod napájení.

Naměřený úbytek napětí na rezistoru činil $U_4 = 2,83 \text{ V}$. Po zapsání hodnoty odpojíme obvod od napájení.

Co se měření úbytku napětí na segmentu týče, tak zde budeme měřit přístrojem V_5 (multimetr) a měření provedeme tak, že černý měřící hrot přiložíme k pravému vývodu rezistoru (aby se v měřícím okruhu neobjevil odpor rezistoru; tělo rezistoru bude mimo měřící smyčku) a druhý červený měřící hrot přiložíme na kladný pól napájení (na +). Nastavíme multimetr na režim měření elektrického napětí v rozsahu do 20 V stejnosměrných a připojíme obvod pod napájení.

Naměřený úbytek napětí na svítivém LED segmentu má hodnotu $U_5 = 1,80 \text{ V}$. Tato hodnota je pro LED segment bezpečná a dostačující, jelikož je PN přechod otevřen a LED segment svítí.

Měřicí přístroj	Značení veličiny	Naměřená hodnota
V_1	U_1	4,84 V
V_2	U_2	4,82 V
V_3	U_3	4,83 V
V_4	U_4	2,83 V
V_5	U_5	1,80 V
A_1	I_1	5,08 mA

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 5: Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty jsou orientačního charakteru, jelikož multimetr měří s určitou chybou. Tyto hodnoty jsou však plně dostačující pro edukační účely, kdy si žáci sami zkusí, jaké velikosti elektrických veličin na jejich zapojení figurují a zda jsou naměřené hodnoty v toleranci.

7. Edukační cíle při realizaci modelu čítače impulsů

Práce je věkově určena pro žáky 2. stupně základní školy, kteří mají zájem naučit se více z oblasti elektrotechniky. Tato práce svou složitostí a časovou náročností spadá spíše do zájmových činností v rámci pedagogiky volného času.

V rámci edukace se žáci seznámí s integrovanými obvody, které plní různé úlohy, a složením těchto obvodů dohromady jsou schopni sestavit čítač impulsů, který bude vypisovat číslice na výstupním segmentovém LED displeji.

Dle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání v oblasti *Člověk a svět práce* může být práce plněna dle tematického okruhu *Design a konstruování*. (Brant, 2004)

V případě edukačního modelu čítače impulsů bude žák zapojení realizovat na nepájivém poli. Žák je schopen orientovat se ve schématech nebo následuje postupy práce uvedené v praktické části. Podle stanoveného postupu je schopen vysvětlit kroky své práce, které dokáže aplikovat. Žák je schopen podle pokynů vyučujícího a studijní opory v podobě pracovních listů ověřit a vyzkoušet funkčnost zapojení. Žák v případě vzniku chyby dokáže chybu najít a opravit. Po úspěšné kompletaci je žák schopen zapojení rozložit a demontované součástky uklidit. Žák v prostorách školní dílny dodržuje předem určená pravidla, je poučen o zásadách bezpečnosti při práci. Zároveň dodržuje hygienu práce, kdy své pracovní místo udržuje v čistotě.

Dalším tematickým okruhem z oblasti *Člověk a svět práce* využitým v této práci je *Práce s laboratorní technikou*. Tento tematický okruh může být uplatněn při měření elektrických veličin v zapojení. V případě edukačního modelu čítače impulsů se bude jednat o měření elektrických veličin v zapojení za pomoci multimetru. Žák je schopen vybrat si měřicí přístroj, kterým bude měření realizovat. Je schopen jej obsluhovat a umí z něj odečítat naměřené hodnoty. Žák si před samotným měřením vytvoří tabulku, kterou bude při měření vyplňovat naměřenými hodnotami elektrických veličin. Pod tabulkou poté v krátkosti zrekapituluje průběh měření a zhodnotí, jak velké hodnoty elektrických veličin se v zapojení vyskytují a zda jsou pro použité integrované obvody vyhovující. Žák v prostorách školní dílny při práci dodržuje předem určená pravidla a je poučen o zásadách bezpečnosti při práci. Zároveň žák dodržuje hygienu práce, kdy své pracovní

místo udržuje bezpečné a čisté. Žák je před začátkem práce poučen o možných úrazech a je mu sděleno, jakým způsobem jim lze předcházet. V případě vzniku vážnějšího poranění je žák schopen přivolat pomoc.

Domnívám se, že při plnění tohoto modelu čítače může žák objevit doposud nepoznaný talent a zálibu pro elektrotechniku, což může žákovi usnadnit výběr budoucího povolání.

„Činnosti ve volném čase ovlivňují tendence k sociálně patologickým jevům u mládeže či naopak k rozvoji talentu a aktivnímu životnímu stylu“ (Sak, 1993, s. 22)

Co se celkové dotace hodin na vytvoření tohoto modelu týče, tak si myslím, že pokud by zájmová činnost probíhala jednou týdně v délce trvání 90 minut, tak by kompletní nerozšířený čítač impulsů byl hotov řádově za 5 až 6 týdnů. Pro rychlejší žáky by v případě zájmu byla přichystaná kompletace čítače rozšířeného nebo by v případě potřeby byli nápomocni pomalejším žákům. V závěrečné části kompletace tohoto modelu bude provedeno zkušební měření elektrických veličin v zapojení. Výsledky měření si každý žák zapíše do tabulky do svého sešitu.

Pro snadnější kompletaci čítače impulsů byly vytvořeny podpůrné pracovní listy, které slouží jako opora žákům při skládání tohoto obvodu. Tyto pracovní listy jsou součástí přílohy bakalářské práce a jsou připraveny pro případný tisk žákům.

Pracovní listy jsou chronologicky očíslované a obsahují:

- zadání úkolu,
- reálnou fotografii figurující součástky,
- popis pinů součástky,
- schéma zapojení,
- rozmezí napájení, pomocné tabulky, různé dodatky atd.

Co se po finanční stránce týče, tak zde je nejdražší položkou samotné nepájivé pole, které se cenově pohybuje mezi 200 až 400 Kč (záleží na velikosti a na daném prodejním místě). Koupě nepájivého pole je pro někoho možná drahá záležitost, avšak je třeba zvážit, že se jedná o velice multifunkční prostředek pro opětovné sestavování různých elektrických obvodů. V případě potřeby lze nepájivé pole koupit v některých zahraničních obchodech, kde se cena pohybuje mezi 25 až 100 Kč za kus (opět záleží na velikosti a typu kupovaného nepájivého pole).

Ostatní součástky se v celkové sumě pohybují okolo 100 Kč pro nerozšířený čítač impulsů. Pokud bychom zvažili koupi těchto součástek v některých zahraničních obchodech ve větším množství, tak by se výsledná cena součástek pohybovala okolo 15 Kč (pro nerozšířený čítač).

Dle mého názoru je tato činnost v praxi uskutečnitelná. Žáci se při tvorbě tohoto čítače mohou zábavnou formou dozvědět něco nového z oblasti elektrotechniky.

Závěr

Teoretickou část bakalářské práce jsem začal kapitolou týkající se obecných informací ohledně integrovaných obvodů, kde jsem zmínil okolnosti vzniku prvního prototypu integrovaného obvodu. Další kapitola byla zaměřena na rozšířené informace o integrovaných obvodech, kde jsem uvedl základní rozdělení, výrobu a včlenění obvodů do různých typů pouzder. Po těchto obecných tématech jsem se začal zabývat konkrétními integrovanými obvody, které po následné kompletaci plní funkci čítače impulsů. Prvním integrovaným obvodem, který se v našem případě ujal funkci oscilátoru, je integrovaný obvod NE555. V této podkapitole jsem zmínil základní princip funkce tohoto obvodu, přehled pinů pouzdra a jeho základní zapojení. Na konci podkapitoly jsem uvedl postup návrhu pro vytvoření oscilátoru 1 Hz s integrovaným obvodem NE555. Dalším integrovaným obvodem, kterým jsem se zabýval, byl čítač 7490 následovaný posledním integrovaným obvodem, a to dekodérem 7447 nebo také jinak značeným jako D146D. V obou případech jsem zde uvedl popis pinů, funkcí a základní schémata zapojení. Poslední součástí uvedenou v teoretické části bylo představení segmentového LED displeje, který bude na výstupu čítače impulsů. Na závěr teoretické části jsem uvedl kompletní schéma zapojení čítače impulsů s využitím integrovaného obvodu 7490.

Praktická část se zabývá praktickým zapojením, kde se plynule navazuje na informace získané z teoretické části. V úvodu praktické části je uvedena tabulka se seznamem součástek, přístrojů a komponentů k tomu, aby realizace čítače na nepájivém poli byla plně realizovatelná. Postup zapojování je řazen chronologicky a umožňuje dvě možnosti sestavení. První možností je následování pracovních listů uvedených v příloze bakalářské práce, kde jsou vyobrazena schémata, a jedinec podle nich obvod sestavuje. Druhou možností je následování postupu práce uvedené v praktické části, kde je kompletní zapojení systematicky rozepsáno krok po kroku. Tato varianta je zde připravena pro ty, kteří se zatím nepříliš orientují v elektrotechnických schématech. V případě nefunkčnosti obvodu jsou v bodech vypsané nejčastější chyby, díky kterým si každý může obvod zkontrolovat a případnou chybu najít. Praktická část dále pokračuje realizací čítače rozšířeného, kde se výstup čítače zobrazuje na dvou segmentových LED displejích. Toto zapojení navazuje na předchozí nerozšířený čítač a je zde využitý princip zapojení dvou čítačů 7490 do kaskády. Nerozšířený čítač impulsů je poté vytvořen na desce

plošných spojů, kde byl proveden návrh, leptání, vrtání, osazování a závěrečné pájení všech figurujících součástek. Výsledný model může plně posloužit jako úvodní motivace pro žáky, kteří si čítač impulsů chtějí sestavit. Předposlední kapitolou praktické části je měření elektrických veličin v zapojení, kde byly pomocí multimetru změřeny různé hodnoty veličin. Změřené hodnoty byly poté porovnány s hodnotami uvedenými v katalogu, aby se zkontrolovalo, zda daná součástka bude pracovat správně a nezničí se vlivem vysokého napájecího napětí či proudu. V této kapitole byly uvedeny schémata měření a postup krok po kroku. Všechny změřené hodnoty byly v toleranci s hodnotami uvedenými v katalogu součástek. Poslední kapitola se věnovala edukaci. Zde jsem uvedl, do jaké kategorie práce spadá, jaké jsou očekávané výstupy a jaká je časová či finanční náročnost při realizaci tohoto edukačního modelu.

Dané téma bakalářské práce jsem si vybral, jelikož shledávám tento edukační model jako velice zajímavý a naučný pro celou řadu žáků, kteří mají zájem naučit se něco nového z oblasti elektrotechniky. Sám, když jsem tento obvod před lety skládal, jsem si nebyl zcela jist, co jaká součástka dělá a jak celkově tento obvod funguje. Proto jsem se s odstupem času rozhodl k tomuto obvodu vrátit a detailněji pochopit princip funkce. Bakalářská práce je vedena tak, že i méně zkušený jedinec je schopen tento obvod úspěšně sestavit.

Jak jsem již v úvodu zmínil, žijeme v době neustálého pokroku technologií. Se vším ostatním, co se kolem rozvíjí, se rozvíjí i elektrotechnika, která je pro řadu lidí brána jako nezáživná a komplikovaná věda. Je tomu tak? Za sebe říkám, že rozhodně ne. Souhlasím, že se v elektrotechnice najde spousta složitých věcí, ale i v životě se vše učíme postupně od základů. Osobně vidím výuku elektrotechniky v zájmových činnostech jako určitou možnost žákům mladšího věku systematicky předávat informace atraktivní, naučnou, ale hlavně zábavnou formou, díky které si vypěstují pozitivní náhled na elektrotechniku jako takovou.

Použité zdroje a literatura

- ANTOŠOVÁ, Marcela a Vratislav DAVÍDEK. *Číslicová technika: Komunikační logické obvody*. České Budějovice: KOPP, 2003. ISBN 80-7232-207-9.
- BÉM, Jaroslav. *Integrované obvody a co s nimi*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990.
- BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika I*. Třetí vydání. České Budějovice: KOPP, 2008. ISBN 978-80-7232-365-4.
- BLAHOVEC, Antonín. *Elektrotechnika I*. Praha: Informatorium, 2005. ISBN 80-7333-043-1.
- BLAHOVEC, Antonín. *Elektrotechnika II*. Praha: Informatorium, 2005. ISBN 80-7333-044-X.
- BRANT, Jiří. *Vzdělávací oblast Člověk a svět práce v rámci RVP ZV: Průvodce pojetím vzdělávací oblasti Člověk a svět práce v RVP ZV* [online]. 4.8.2004 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/k/z/46/VZDELAVACI-OBLAST-CLOVEK-A-SVET-PRACE-V-RAMCI-RVP-ZV.html/>
- GARAIPOOM, Apichet. 555 timer Pulse Generator circuits | astable mode. *ElecCircuit* [online]. 4.9.2020 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.eleccircuit.com/simple-555-pulse-generator-circuit/>
- HÁJEK, Jan. *Časovač 555: praktická zapojení s jedním časovačem*. Praha: AA, 1998. ISBN 80-85230-20-8.
- HANDLÍŘ, Jiří. *Průručka pro elektrotechnika*. Brno, Praha: Europa-Sobotáles, 2002. ISBN 80-86706-00-1.
- ŠAVEL, Josef. *Elektrotechnologie: Materiály, technologie a výroba v elektronice a elektrotechnice*. 4. rozšířené. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 978-80-7300-190-2.
- JAHODA, Mirek. Jak poznáte pouzdra integrovaných obvodů. *Živě* [online]. 6.11.2004 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/jak-poznate-pouzdra-integrovanych-obvodu/sc-3-a-120683/default.aspx>
- KASÍK, Pavel. Nejoblíbenější součástka na světě je NE555. Bzučí a bliká už 40 let. *IDNES* [online]. 9.10.2012 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/internet/hans-camenzind-vynalezce-555-timer-chip.A121008_150143_sw_internet_pka
- KATALOG FAIRCHILD SEMICONDUCTOR TM. DM7490A: Decade and Binary Counters. *Datasheet PDF* [online]. 1986 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/455499/FairchildSemiconductor/7490/1>
- KATALOG TEXAS INSTRUMENTS. BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS. *Datasheet PDF* [online]. 4.1988 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1407969/etcTI/7447/1>
- KRIŠTOUFEK, Karel. *Kurs číslicových počítačů a mikropočítačů*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00314-8.
- MALINA, Václav. *Digitální technika*. České Budějovice: KOPP, 1996. ISBN 80-85828-70-7.

- RAUNER, Karel. *Elektronika (fyzikální a analogová část)*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-775-0.
- REDAKCE ELEKTRO. První integrovaný obvod. *ELEKTRO*. **2009**(2), 1. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/prvni-integrovaný-obvod--10972>
- SAK, Petr. *Aktivity dětí a mládeže ve volném čase*. Praha: IDM, 1993.
- SLINTÁK, Vlastimil. Obvod 555 pro úplné začátečníky. *UArt* [online]. 20.2.2018 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: <https://uart.cz/1591/obvod-555-pro-uplne-zacatecniky/>
- ŠANDERA, Josef. *Mikroelektronické praktikum II*. Brno: Zdeněk Novotný, 2003. ISBN 80-214-2325-0.
- ŠAVEL, Josef. *Elektrotechnologie: Materiály, technologie a výroba v elektronice a elektrotechnice*. 4. rozšířené. Praha: BEN, 2005. ISBN 978-80-7300-190-2.
- TEXAS INSTRUMENTS. NA555, NE555, SA555, SE555: xx555 Precision Timers. *GME* [online]. 2014 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.312-003.1.pdf>
- VALENTA, Jan. Integrovaný obvod – základní kámen informační revoluce: Cena „za IC z TI pro IT“. *Vesmír*. **2001**(1), 25-26.
- VÁŽANSKÝ, Mojmír a Vladimír SMĚKAL. *Základy pedagogiky volného času*. Brno: Paido, 1995. ISBN 80-901737-9-9.
- VLČEK, Jiří. *Kurz základů elektroniky*. Praha, 2000. ISBN 80-238-6466-1.
- VYHNÁLKOVÁ, Pavla. *Základy pedagogiky volného času*. Olomouc, 2013. ISBN 978-80-86768-73-1.
- Zájmové vzdělávání. *Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy* [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/mladez/zajmove-vzdelavani-1>
- 5.9.1 Vzdělávací obor - Člověk a svět práce - Design a konstruování: Design a konstruování. *Metodický portál RVP* [online]. [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=10775>
- 5.9.1 Vzdělávací obor - Člověk a svět práce - Práce s laboratorní technikou: Práce s laboratorní technikou. *Metodický portál RVP* [online]. [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=10775>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pouzdro typu brouk, šváb (plastové).....	9
Obrázek 2: Kovové pouzdro	9
Obrázek 3: Číslování vývodů u pouzdra SIL8.....	10
Obrázek 4: Toshiba TA7207P – pouzdro typu SIL10	10
Obrázek 5: Číslování vývodů u DIL16	10
Obrázek 6: Integrovaný obvod 74LS08 – pouzdro typu DIL14	11
Obrázek 7: Značení vývodů u pouzdra PGA	11
Obrázek 8: IO NE555	12
Obrázek 9: Popis pinů na IO 555	13
Obrázek 10: Zapojení jako zpožďovací člen	14
Obrázek 11: Zapojení jako oscilátor (generátor)	15
Obrázek 12: Obdélkový průběh 1 Hz	16
Obrázek 13: Popis pinů IO 7490.....	19
Obrázek 14: Integrovaný obvod 7490.....	21
Obrázek 15: Zapojení MOD 10	23
Obrázek 16: Zapojení MOD 10 s resetovými vstupy zapojenými na GND	24
Obrázek 17: Zapojení dvou čítačů do kaskády	25
Obrázek 18: Přehled pinů na dekodéru 7447	27
Obrázek 19: Propojení čítače 7490 s dekodérem 7447.....	28
Obrázek 20: Přehled pinů segmentového LED displeje	29
Obrázek 21: Schéma zapojení segmentového LED displeje	31
Obrázek 22: Schéma zapojení kompletního čítače impulsů	32
Obrázek 23: Osazení oscilátoru s NE555 součástkami.....	36
Obrázek 24: Zapojení NE555 v režimu oscilátoru.....	37

Obrázek 25: Zkušební zapojení oscilátoru s NE555 s LED diodou	39
Obrázek 26: Propojení oscilátoru s čítačem 7490 a jeho následné zapojení	40
Obrázek 27: Propojení čítače 7490 s dekodérem a jeho následné zapojení.....	41
Obrázek 28: Propojení dekodéru s výstupním segmentovým LED displejem ...	42
Obrázek 29: Kompletní zapojení čítače impulsů s využitím IO 7490	43
Obrázek 30: Zapojení dvou čítačů 7490 do kaskády	45
Obrázek 31: Kompletní zapojení rozšířeného čítače impulsů	46
Obrázek 32: Rozšířené zapojení pod napájením (vyobrazené číslo 68)	46
Obrázek 33: Schéma zapojení rozšířeného čítače impulsů.....	48
Obrázek 34: Návrh čítače impulsů na cuprexit.....	49
Obrázek 35: Spájená DPS (pohled zezadu)	50
Obrázek 36: Hotová DPS (pohled zepředu).....	50
Obrázek 37: Hotová DPS zapojená pod napájení (vyobrazené číslo 5)	50
Obrázek 38: Multimetr FKtechnics typ FK8550	51
Obrázek 39: Schéma měření napájecího napětí na NE555	52
Obrázek 40: Schéma měření napájecího napětí čítače 7490.....	53
Obrázek 41: Schéma měření napájecího napětí dekodéru 7447 (D146).....	54
Obrázek 42: Schéma měření napětí a proudu na segmentovém LED displeji....	55

- Všechna schémata byla vytvořena v programu EAGLE verze 6.5.0
- Obrázek 12: Obdélníkový průběh 1 Hz byl vytvořen v programu AutoCAD 2019 (studentstá verze)

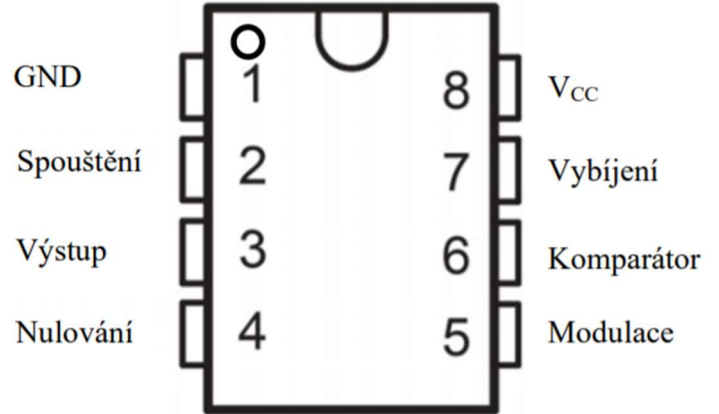
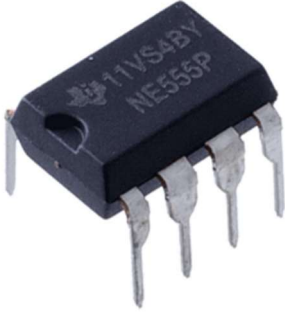
Seznam tabulek

Tabulka 1: Stupeň integrace	7
Tabulka 2: Přehled výstupů a jejich umístění na pinu	20
Tabulka 3: Tabulka MOD 1 až MOD 10	22
Tabulka 4: Seznam součástí	35
Tabulka 5: Naměřené hodnoty	57

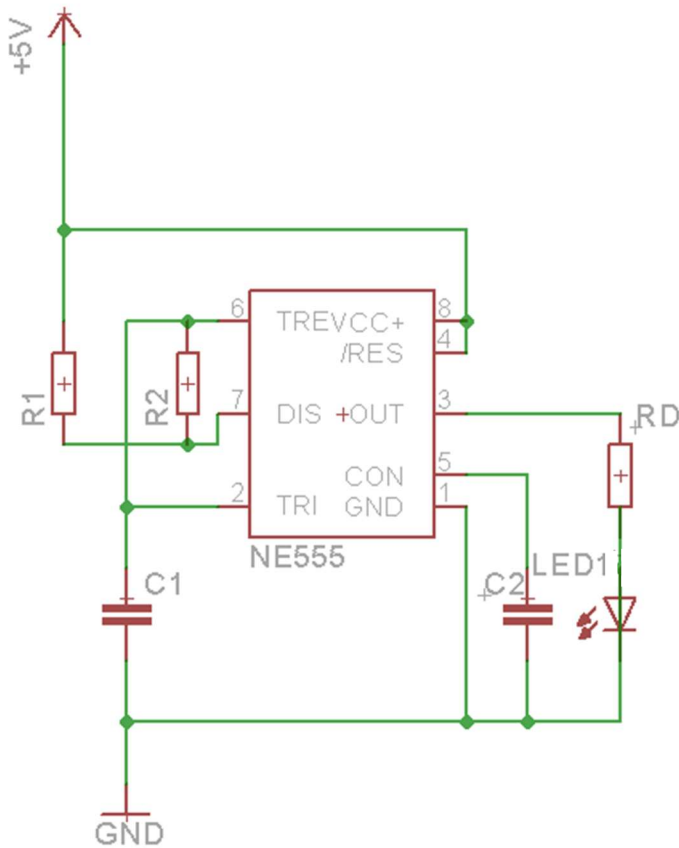
Přílohy

Pracovní list č. 1 – NE555 v zapojení jako oscilátor

Úkol: Zapojte integrovaný obvod NE555 jako oscilátor frekvence 1 Hz.



Napájecí napětí	4,5 až 16 V
-----------------	-------------



Oscilátor 1 Hz

R1 = 1 kΩ

R2 = 3,3 MΩ

RD = 470 Ω (lze od 220 Ω do 1 kΩ)

C1 = 220 nF

C2 = 10 až 100 nF

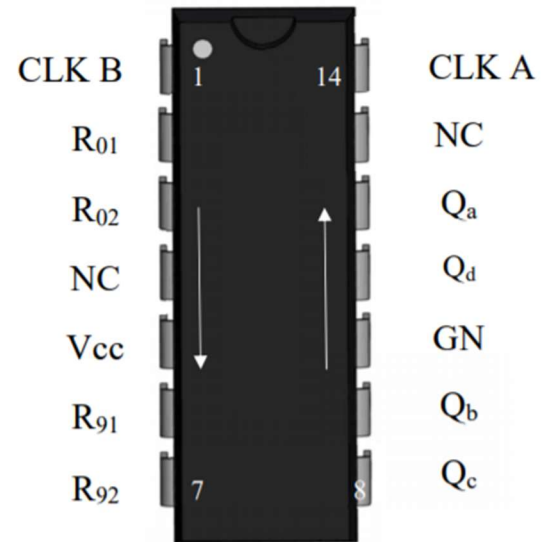
LED – libovolná barva

Pracovní list č. 2 – Čítač 7490

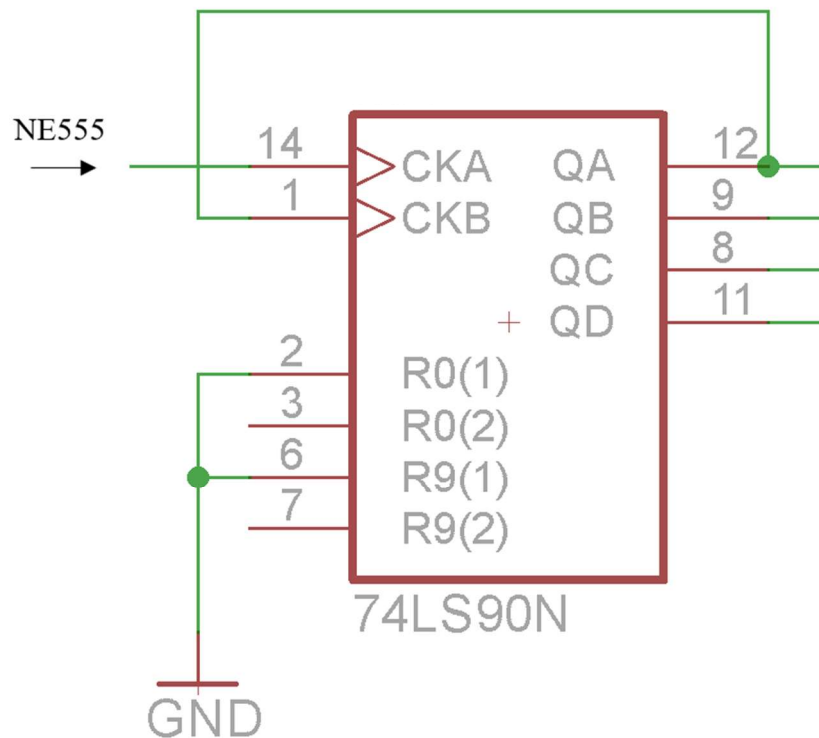
Úkol: Propojte výstup NE555 s prvním hodinovým vstupem čítače a zapojte integrovaný obvod 7490 do stavu MOD 10. Připojte čítač 7490 na napájení.



Napájecí napětí	4,75 až 5,25 V
-----------------	----------------



Popis pinů IO 7490



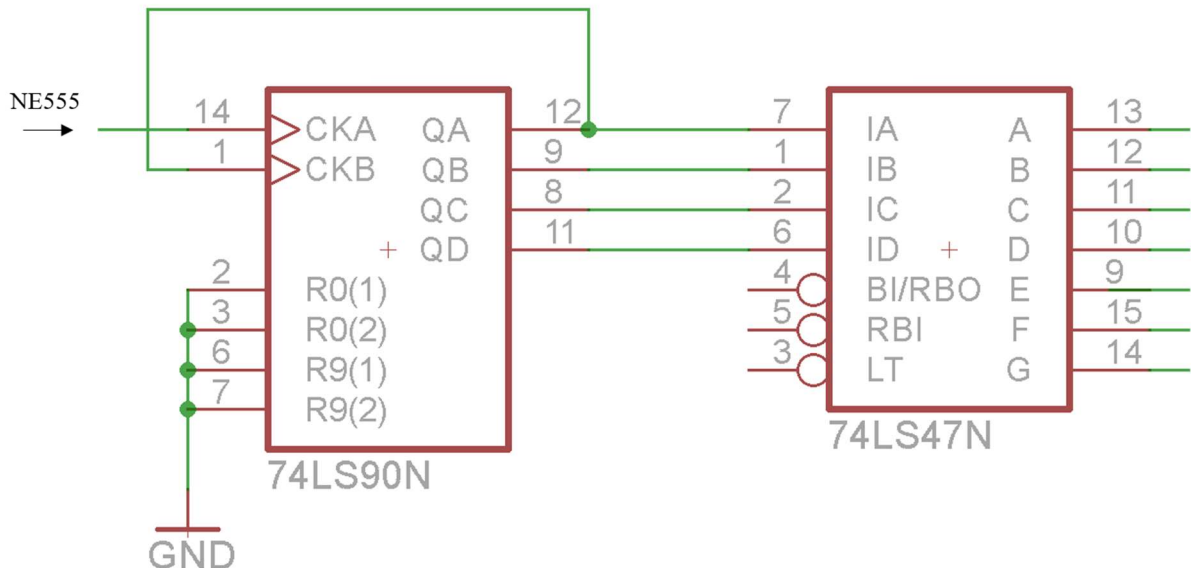
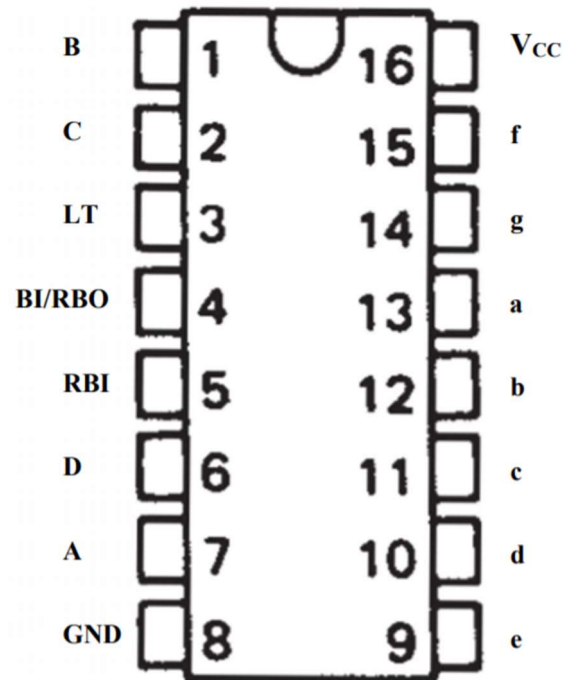
Ve schématu nejsou znázorněné piny pro napájení! Pin č. 5 = V_{CC} a pin č. 10 = GND

Pracovní list č. 3 – Dekodér 7447 (D146D)

Úkol: Propojte výstupy integrovaného obvodu 7490 se vstupy integrovaného obvodu 7447 (D146D) a připojte obvod 7447 na napájení.



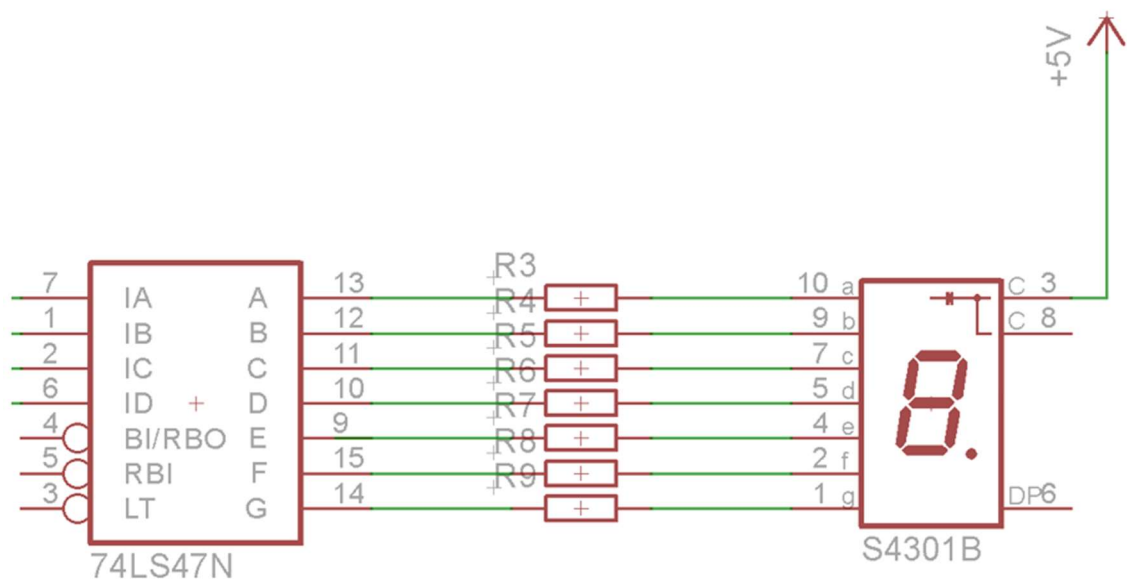
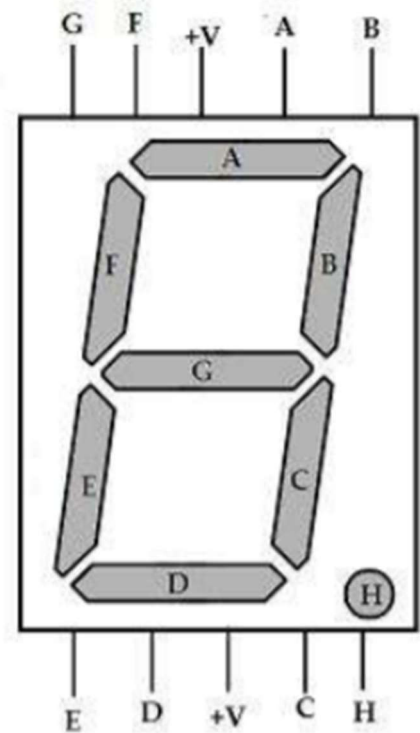
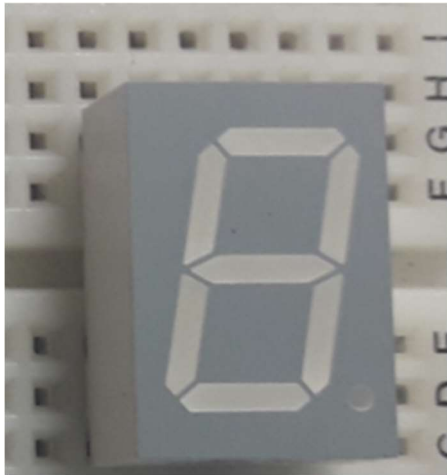
7490		D146D	
Q _a	12	A	7
Q _b	9	B	1
Q _c	8	C	2
Q _d	11	D	6



Ve schématu nejsou znázorněné piny pro napájení! Pin č. 16 = V_{CC} a pin č. 8 = GND

Pracovní list č. 4 – Segmentový LED displej

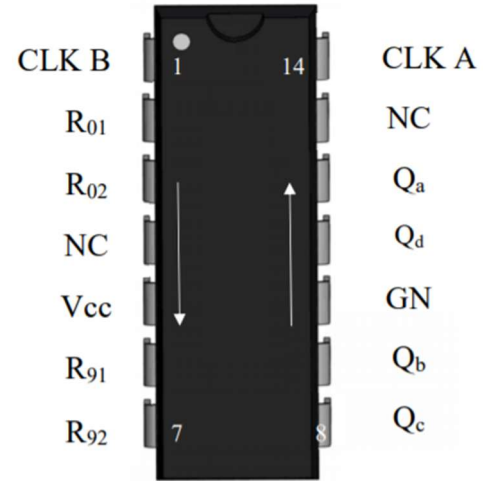
Úkol: Připojte LED displej na napájení a propojte výstupy dekodéru s vývody segmentů na segmentovém LED displeji



$$R_3 - R_9 = 470 \Omega \text{ (} 220 \Omega \text{ až } 1 \text{ k}\Omega \text{)}$$

Pracovní list č. 5 – Zapojení dvou čítačů 7490 do kaskády

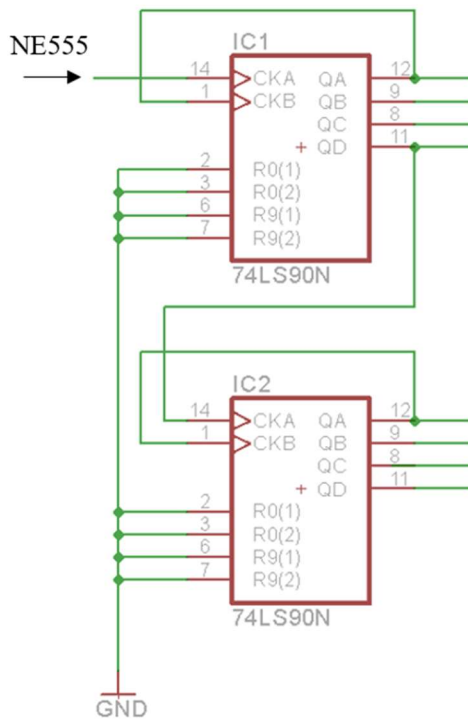
Úkol: Zapojte dva čítače 7490 do kaskády. A připojte druhý čítač na napájení.



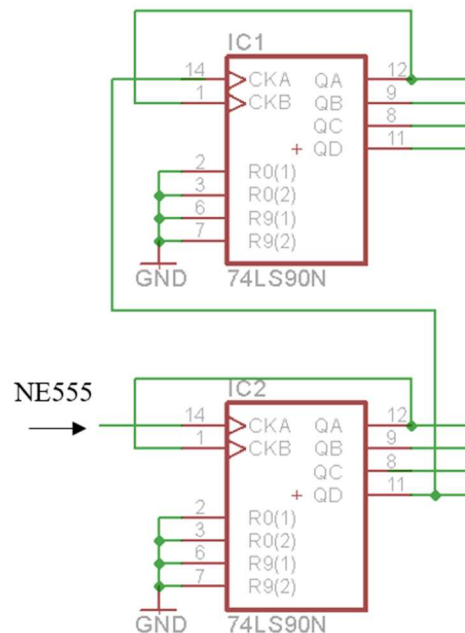
Popis pinů IO 7490

Napájecí napětí	4,75 až 5,25 V
-----------------	----------------

Verze A

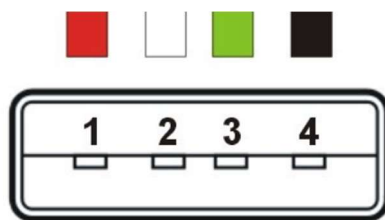


Verze B



Ve schématu nejsou znázorněné piny pro napájení! Pin č. 5 = V_{CC} a pin č. 10 = GND

Jak udělat zdroj stejnosměrného napětí 5 V



- 1 - +5 V red (červená)
- 2 - DATA- white (bílá)
- 3 - DATA+ green (zelená)
- 4 - GND black (černá)

Zdroj: <http://zapojenikabelu.cz/usb.html>

USB konektor má kromě datových vodičů také vodiče pro napájení, které můžeme využít.

Postup:

Vezmeme starší nepoužívaný kabel s USB samcem (např. USB 2.0), u kterého zanecháme konektor samce USB a druhý konektor odstříhneme. Nožem opatrně odizolujeme kabel až se dostaneme ke čtyřem vodičům, které mají různé barvy (červenou, bílou, zelenou a černou). Nás bude zajímat červený a černý vodič. Zbylé dva můžeme uštíhnout. Červený a černý vodič si za pomoci pájky nastavíme tvrdšími vodiči (černé a červené barvy). Spájené spoje zalepíme izolační páskou, aby nedošlo ke zkratu. Přechod mezi odizolovaným kabelem a spájeným místem je dobré zpevnit, abychom předešli ulomení spájeného vodiče – můžeme v místě spoje připevnit izolační páskou například párátko. Nadstavené konce 1 cm od konce odizolujeme. USB samce nyní připojíme do powerbanky nebo do počítače a zkontrolujeme výstupní napětí pomocí voltmetru. Pokud má výstup správnou polaritu (červený kabel + a černý GND) a výstupní napětí je 5 V stejnosměrných, můžeme upravený USB kabel použít pro testování obvodů pro napájecí napětí 5 V.

Stejným způsobem lze využít i starou nabíječku například od telefonu, která využívá spínaný zdroj 5 V stejnosměrných. Avšak toto zařízení bych příliš nedoporučoval pro žáky, protože zde hrozí nebezpečí úrazu ze sítě.

Při zhotovování, zapojování a testování nebere autor žádnou zodpovědnost na případném zničení nebo poškození různých elektrických zařízení či případnou újmu na zdraví.

Anotace

Jméno a příjmení	Tomáš Zdařil
Katedra nebo ústav:	Katedra technické a informační výchovy
Vedoucí práce	doc. Ing. Čestmír Serafín, Dr.
Rok obhajoby	2021
Název práce:	Edukační model čítač impulsů s využitím integrovaného obvodu 7490
Název v angličtině	Educational model of pulse counter with the use of integrated circuit 7490
Anotace práce	Cílem bakalářské práce je ukázka sestavení edukačního modelu čítače impulsů s využitím různých integrovaných obvodů. Teoretická část se zabývá konkrétními integrovanými obvody, které budou zapojovány v praktické části. Výsledné zapojení je realizováno na nepájivém poli a na desce plošných spojů zakončené měřením.
Klíčová slova:	Čítač impulsů, integrovaný obvod, edukační model
Anotace v angličtině	The aim of the bachelor thesis is to demonstrate the construction of an educational model of a pulse counter using various integrated circuits. The theoretical part deals with specific integrated circuits that will be involved in the practical part. The resulting connection is realized on a breadboard and on a printed circuit board terminated by measurement.
Klíčová slova v angličtině	Pulse counter, integrated circuit, educational model
Přílohy vázané v práci	Pracovní list č. 1 – NE555 v zapojení jako oscilátor Pracovní list č. 2 – Čítač 7490 Pracovní list č. 3 – Dekodér 7447 (D146D) Pracovní list č. 4 – Segmentový LED displej Pracovní list č. 5 – Zapojení dvou čítačů 7490 do kaskády Jak udělat zdroj stejnosměrného napětí 5 V Anotace
Rozsah práce:	75
Jazyk práce:	Český