



Projekt - Bullerindikator

EITA35 - Elektronik

Grupp 17

Malte Berg

ma7354be-s@student.lu.se

Ariana Haxha

ar7418ha-s@student.lu.se

David Tang

da0164ta-s@student.lu.se

Jakob Uvenäs

ja7435uv-s@student.lu.se

Handledare: **Robin Atle**

2023-02-24

Abstract

It is harmful for humans to be exposed to high noise levels, especially for a long period of time. Therefore a noise level indicator can be used to prevent excessive noise levels at workplaces or in schools where loud noises are common. In this project, a circuit has been constructed that measures the sound, and lights different colored LEDs depending on the volume. The circuit consists of a microphone, high-pass filter, amplifier, precision rectifier, RC circuit, comparators and LEDs. Changes in volume give different output voltages, which in turn powers LEDs in a voltage ladder. The higher the sound level, the more LEDs light up. At noise levels above approximately 85 dB the last LED lights up indicating dangerous levels. The results show that this circuit can be used in different environments to easily identify harmful sounds.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	3
2	Teori	4
2.1	Kretsschema	4
2.2	Kretsen uppdelad	5
2.2.1	Högpasfilter	5
2.2.2	V-V-förstärkare	5
2.2.3	Precisionlikriktare	5
2.2.4	Komparatorer och lysdioder	6
3	Metod	7
3.1	Preliminära kretsar	7
3.1.1	Krets med transistorer	7
3.1.2	Krets med brygglikriktare	7
3.2	Slutgiltig krets	8
3.3	Konstruktion och mätningar	8
4	Resultat	9
5	Diskussion	11
5.1	Diskussion om resultat	11
5.2	Diskussion om resultat utifrån teori	11
5.3	Felkällor	12
5.4	Eventuella utvecklingar och tillämpningar	12
5.5	Slutsats	12
	Källförteckning	14
	Bilagor	15

1 Introduktion

En bullerindikator är en ljudnivåmätare som används för att indikera störande och skadliga ljud. Den har många tillämpningar och kan användas på platser som skolor och på arbetsplatser där det ofta förekommer buller.

Det är viktigt för människor att inte utsättas för höga ljudnivåer, speciellt under lång tid eftersom det är skadligt för hälsan.^[1] De vanligaste konsekvenserna är trötthet, stress, irritation, försämrad koncentration och bestående hörselskador. Dessutom kan det vara mycket påfrestande för en individ som redan är hörselskadad.

Målet med projektet är att konstruera en bullerindikator som tändar olika lysdioder beroende på ljudnivån. Denna typ av krets är enkel att avläsa eftersom lysdioderna tänds i ordning när deras gräns för ljudnivån har överskridits.

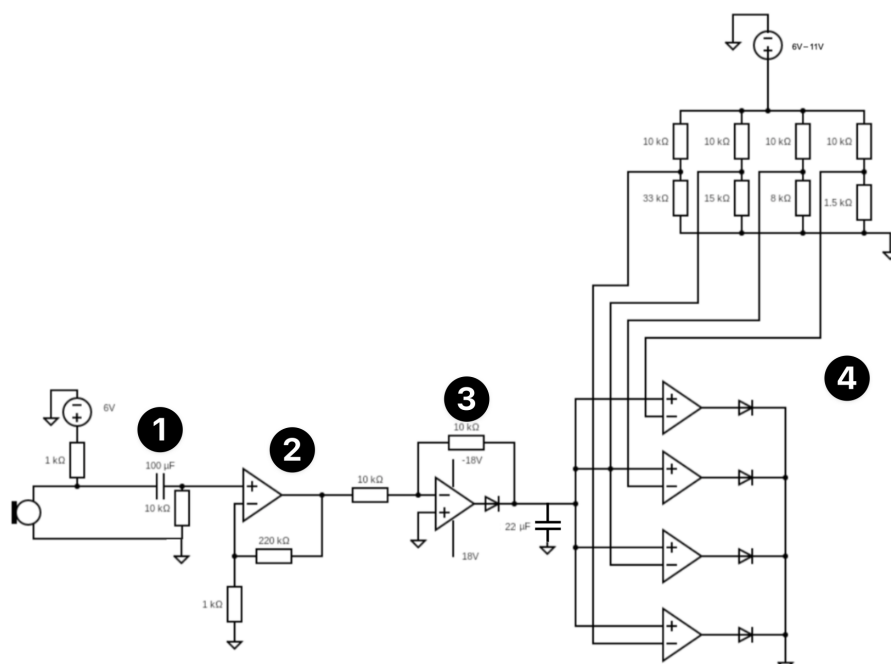
Syftet med projektet är att få en djupare förståelse för hur mer avancerade kretsar kan konstrueras, samt att söka information och få kunskap om hur de olika komponenterna kan användas för att skapa en bullerindikator.

Följande delar av projektrapporten kommer att inledas med teori om bullerindikatorn och hur den fungerar. Sedan beskrivs det hur kretsen konstrueras i metodkapitlet. Därefter kommer resultaten av projektet samt en diskussion kring dem. Avslutligen inkluderas källförteckning och bilagor.

2 Teori

En bullerindikator kommer bestå av ett högpasfilter, en förstärkare, en precision-likriktare, en RC-krets, komparatorer och lysdioder. Deras funktion och eventuella formler som används i projektet kommer att förklaras under respektive avsnitt.

2.1 Kretsschema



Figur 1: Kretsschema för kretsen som ska konstrueras. Bullerindikatorn ska bestå av en mikrofon med en 6 V matningsspänning som kopplas till ett högpasfilter som sedan vidarekopplas till OP-förstärkaren. AC-spänningen som kommer ut ur OP-förstärkaren likriktas till en DC-spänning med en precisionlikriktare. Denna spänningen ska sedan kopplas in i komparatorerna som ska jämföra den med referensspänningen på respektive komparator. OP-förstärkarna ska dela samma matningsspänning V_{cc} på ± 18 V. Siffrorna från 1-4 refererar till kretsens olika större funktioner och delar som beskrivs i kapitel 2.2. Ett kretsschema utan siffror återfinns i avsnittet Bilagor.

2.2 Kretsen uppdelad

Nedan beskrivs kretsen uppdelad i dess olika större funktioner och delar.

2.2.1 Högpasfilter

Högpasfiltret tillåter signaler med hög frekvens att passera men reducerar signaler med låg frekvens. Kretsen för högpasfiltret återfinns vid siffra 1 i Figur 1. Den grundläggande tanken med högpasfiltret i denna krets är att filtrera bort frekvenser under mikrofonens skala: 20-16000 Hz. Notera att frekvenser över 20 kHz inte går att höras av människor. Syftet med att filtrera bort låga frekvenser är för att undvika att ta upp dova frekvenser under mikrofonens skala, filtrera bort DC-spänningar från eventuella DC-spänningskällor, samt ge en renare signal att arbeta med. Brytfrekvens kan beräknas med sambandet $\omega_b = \frac{1}{RC}$ (ekv. 1) där ω_b är brytfrekvens, R är resistansen och C är kapacitansen^[2].

2.2.2 V-V-förstärkare

En V-V-förstärkare förstärker insignalen, men behåller insignalens egenskaper, såsom vågform och frekvens.

Den grundläggande strukturen innehåller en OP-förstärkare och två resistanser. Insignalen är kopplad till den icke inverterande terminalen på OP-förstärkaren. En av resistorerna är negativt återkopplad från den inverterande terminalen till utgångsterminalen. Den andra resistorn är kopplad från den inverterande terminalen till jord.

Förstärkningen kan uppskattas med sambandet $Gain = \frac{R_2}{R_1} + 1$ (ekv. 2) där R_2 är den negativt återkopplade resistansen, och R_1 är resistansen kopplad till jord.^[2]

2.2.3 Precisionlikriktare

En precisionlikriktare är en typ av elektronisk krets som idealt omvandlar AC- till DC-spänning, samt minskar fel och distorsion. Syftet med likriktaren i denna krets är att öka frekvensen på spänningen till en nivå som gör det svårt att uppfatta lysdiodens jitter som uppstår på grund av AC-spänningen från mikrofonen.

Det grundläggande konceptet bakom likriktaren är att använda en OP-förstärkare i en uppställning som tillåter insignalen att likriktas med hög precision. Denna krets implementeras med en negativ återkoppling på den inverterande terminalen samt med en diod vid utgången på förstärkaren. När insignalen är på positiv vågcykel blir utspänningen ur OP-förstärkaren negativ och dioden blir framspänd och OP-förstärkaren blir kortsluten. Insignalen går då istället genom feedback-loopen och ger en positiv utspänning. Däremot om insignalen är negativ så blir utspänningen positiv och dioden leder en positiv spänning.

Utspanningen för en precisionlikriktare följer därmed sambandet $V_{out} = |V_{in}|$ (ekv. 3) där V_{out} är utspänningen och V_{in} är insignalen.^[2]

2.2.4 Komparatorer och lysdioder

Komparatorkretsen är en serie av parallellkopplade komparatorer med olika referensspänningar i en stegrande ordning för att skapa olika spänningsnivåer. Syftet med de olika nivåerna är att skapa en sorts strömbrytare för lysdioderna att tändas då den förstärkta insignalen från mikrofonen når den definierade nivån. Referensspänningarna definieras med en spänningskälla som är spänningsdelad mellan komparatorerna.

3 Metod

Nedan beskrivs vilka komponenter som användes i kretsen samt vilka steg som togs för att testa och konstruera kretsen.

3.1 Preliminära kretsar

3.1.1 Krets med transistorer

I början konstruerades en preliminär kretsmodell, med transistorer som strömbrytare och mikrofonens spänning som grundspänning, enligt Figur 4 i Bilagor. Den kretsen konstruerades genom att koppla spänningen från mikrofonen till grindterminalen på respektive transistor som jämförs med referensspänningen på transistorn. Då spänningen från mikrofonen överskrider transistorns referensspänning så blir det en sluten krets och respektive LED lysas upp. Referensspänningen kom från en spänningskälla kopplad både till dioderna och transistorn. Då denna modellen övergavs för den slutgiltiga kretsen i Figur 1 då transistorkretsen visade problem som ansågs vara svårhanterade jämfört med den simplare slutliga kretsen. De problem som uppstod var bland annat en svårighet att definiera ljudnivåer. Mängden seriekopplade dioder gav en stor och svårhanterad knäspänning. Dessutom fungerade inte strömbrytaren, då varje enskild lampa tändes vid samma gräns. Orsaken var sannolikt antingen att spänningsnivåerna var dåligt definierade eller att det var en felaktig spänningsdelning in till transistoremittern.

3.1.2 Krets med brygglikriktare

Ursprungligen skulle en brygglikriktare användas vilket är en likriktare uppbyggd av 4 dioder som är anslutna i en brygga. Den klarar höga spänningar och strömmar. Modellen blev svårhanterad då oscilloskopet inte kunde hantera mätningar från likriktaren. Orsaken beror väsentligen på att brygglikriktarens spänning behöver mätas över två utgångsterminaler, medan oscilloskopet endast kan hantera mätningar över en utgångsterminal. Detta resulterade i svårigheter att avgöra ifall kretsen gav de önskade mätvärdena. Anledning till detta var att likriktaren visar endast rätt värden då både positiva och negativa polen över lasten mättes eftersom den gav ut två olika utsignaler, en positiv och en negativ. Oscilloskopets mätprob innehåller en jordning och gjorde det omöjligt att få korrekta värden. Denna modellen övergavs för precisionlikrikaren då den endast har en utgående signal och kunde mätas på oscilloskopet.

3.2 Slutgiltig krets

I den slutgiltiga kretsen användes en tvåkanals operationsförstärkare av typen TLC072CP för att förstärka signalen från mikrofonen på ena kanalen, samt för att konstruera precisionlikriktaren på den andra kanalen. Mikrofonen som valdes var en mikrofon av elektrettyp (modellnummer RND 770-00011). En fyrkanals operationsförstärkare av typen TLC074IN användes för konstruktion av komparatorkretsen. De lysdioder som användes var en röd lysdiod (modellnummer RND 135-00126), två stycken gula lysdioder (modellnummer RND 135-00127) och en grön lysdiod (modellnummer RND 135-00122). Resterande kondensatorer och resistorer samt spänningskällor och deras respektive värden kan ses i kretsschemat i Figur 1.

3.3 Konstruktion och mätningar

Mikrofonen fick en matningsspänning på 5 V enligt databladets specifikation. Vidare kopplades spänningen till ett högpasfilter som både filtrerar bort DC-spänningen som kom från matningsspänningen till mikrofonen, samt tar bort spänningar från lägre frekvenser än mikrofonens skala. En resistor på 10 k Ω och en kondensator på 100 μ F användes för att konstruera den. Högpasfiltret tilldelas då med hjälp av ekv. 1 ett lågt värde av $\omega_b = \frac{1}{RC} = \frac{1}{10^4 \times 10^{-5}} = 10$ rad/s.

AC-spänningen från mikrofonen fördes sedan vidare in i OP-förstärkaren och förstärktes med en förstärkning på $Gain = \frac{R_2}{R_1} + 1 = \frac{2.2 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^3} + 1 = 221$, som uppnåddes enligt ekv. 2. Den förstärkta växelströmmen som kom ut blev sedan kopplad till den inverterande terminalen på fullvågsrektifierarens OP-förstärkare och matade ut en DC-spänning till en serie av parallellkopplade komparatorer på den icke-inverterande terminalen, då för att jämföra med referensspänningarna som var kopplade till den inverterande terminalen. Effekten av likriktaren kan ses skillnaden mellan Figur 2 och Figur 3. Fullvågslikriktaren har en kondensator som lagrar spänningen från utspänningen, och behåller spänningens amplitud en kortare tid. Komparatorernas teoretiska referensspänningar var vid en inspanning på 9 V: 7 V, 5,5 V, 4 V samt 1,3 V. Referensspänningarna bestämdes genom att testa och jämföra med ljudnivåer tills en rimlig gräns uppnåddes.

Mätningarna utfördes genom att tala in i mikrofonen i olika ljudnivåer som approximerades med hjälp av en app på telefonen. Oscilloskopets prober kopplades till insignalen på förstärkaren, utsignalen på förstärkaren samt till utsignalen på precisionlikriktaren.

4 Resultat

Värdena från oscilloskopet som mättes före och efter förstärkningen på signalen är noterade nedan i Tabell 1 och Tabell 2. Ljudnivåerna representerar de definierade nivåerna som respektive diod tänds på. Vid den lägsta ljudnivån är ingen diod tänd. Därefter tänds den gröna lysdioden, sedan de gula lysdioderna och till sist den röda lysdioden. Den approximerade ljudnivån var olika starka ljud, representerade i dB. Utspänningen är representerad i mV respektive V, för respektive utspänning. Frekvensen var uppmätt på utspänningen. Notera att ljudnivån startades på 30 dB då ett helt tyst rum var omöjligt att uppnå.

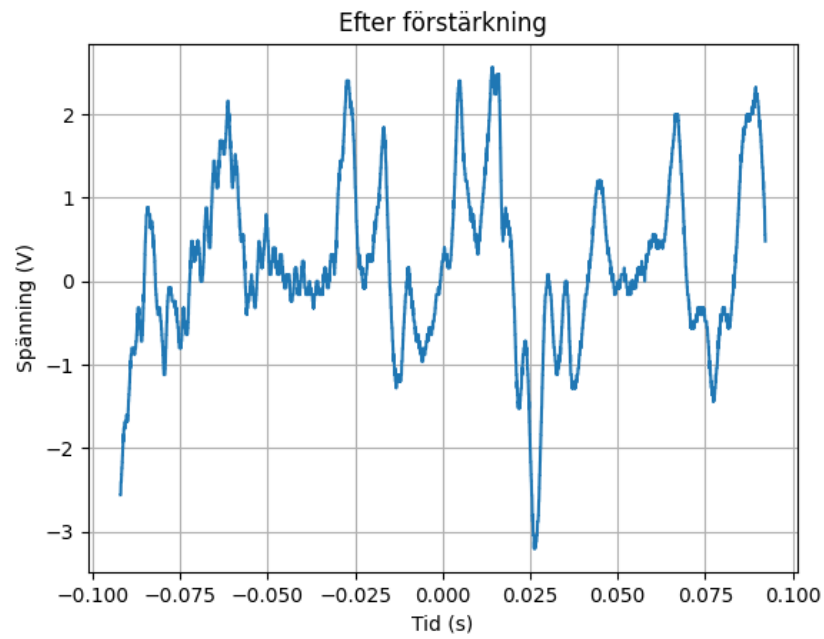
Spänningen når sitt maximala värde vid 85 dB då utspänningen når ett maximum av ± 18 V enligt matningsspänningen efter förstärkning, vilket kan ses i Tabell 2.

Tabell 1: Mätningar utförda innan förstärkning och likriktning av mikrofonsignalen

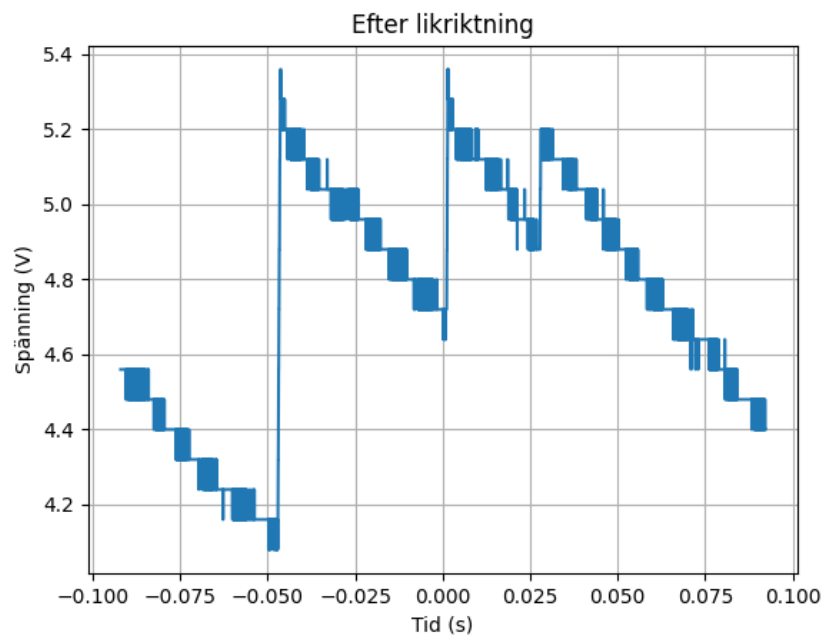
Ljudnivå	Approx. ljudnivå (dB)	Utspänning (mV)	Frekvens (Hz)
Tyst	30	0	-
Låg	40	20	10-100
Mellan	55	100	700
Hög	65	150	1200
Skadligt	85	300	1600-2000

Tabell 2: Mätningar utförda efter förstärkning och likriktning av mikrofonsignalen

Ljudnivå	Approx. ljudnivå (dB)	Utspänning (V)	Frekvens (Hz)	Lysdiod
Tyst	30	0	-	-
Låg	40	10	-	Grön
Mellan	55	14	-	Gul #1
Hög	65	15	-	Gul #2
Skadligt	85	18	-	Röd



Figur 2: Figuren visar förhållandet mellan spänning (V) och tid (s) efter förstärkning på en ordinär ljudnivå/insignal.



Figur 3: Figuren visar förhållandet mellan spänning (V) och tid (s) efter likriktning på en ordinär ljudnivå/insignal.

5 Diskussion

5.1 Diskussion om resultat

Tabell 2 visar att den gröna lysdioden tänds vid 40 dB, vilket kan jämföras med en tystare konversation på avstånd. När ljudnivån överskrider 55 dB tänds den första gula lysdioden och vid 65 dB tänds den andra, vilket kan liknas med ett normalt samtal. Beroende på hur högt samtalet är och hur känslig individen är kan dessa ljud upplevas som störande. Den sista lysdioden, det vill säga den röda lysdioden, tänds vid ljud över 85 dB som förekommer från gatutrafik eller storstadsgata. Dessa ljud kan upplevas som störande och vara skadliga för människor beroende på tiden man blir exponerad för dem.

Frekvensen i Tabell 1 refererar till spänningens frekvens. Efter likriktning blir denna odefinierad, vilket kan ses i Tabell 2. Om likriktaren inte användes skulle frekvensen kvarstå vilket skulle innebära att lysdioderna hade blinkat och inte lyst med ett konstant ljus.

5.2 Diskussion om resultat utifrån teori

Projektet visar resultat i praktiken som är enligt teorin i avsnittet Metod. Varje sektion av kretsen uppfyller dess funktion, vilket visas i avsnittet Resultat. Förstärkningens effekt kan ses i Tabell 1 och Tabell 2. Amplitud samt frekvens på det uppmätta ljudet ses i Figur 2, och likriktarens effekt i Figur 3. Mätningarna gav inte samma värden som de teoretiska värdena, men var ändå inom rimlig närhet.

I figur 6 visar kretsen ett par omöjliga mätvärden där spänningen går från minimala spänningen till den maximala omedelbart då spänningens lutning ändrar tecken. Detta kan bero på biasering på dioden i likriktaren då dioden går från backspänd till framspänd och vice versa. Det kan hanteras med en extra diod som kan uppfylla funktionen av en feedback-loop, men det är onödigt att hantera i denna krets, då kretsen kan hantera felmarginalen. Det är viktigt att notera att likriktarens samband i (ekv. 3) bara gäller under ideala förhållande och faktorer som diodens icke-linjäritet, insignalens offset-spänning och temperaturen kan påverka likriktarens prestanda. Likriktaren behåller hög precision eftersom att OP-förstärkaren kompenserar för diodens knäspänning. Detta är inte idealt då OP-förstärkarens compensation beror på spänningsfallet över dioden, och introducerar alltså en icke-linjär funktion till kretsen. Detta är dock mer eller mindre försumbart i denna krets.

I Tabell 1 och 2 visas förhållandet mellan inspänningen, ljudnivån och utspänningen men dessa mätvärden i förhållande till den uträknade förstärkningen kan ifrågasättas. I tabellen gav en ljudnivå av 50 dB en utspänning på 100mV till 14 V före och efter förstärkningen. Då förstärkningen konstaterades vara 221 så förutsätts utspänningen till att bli $\pm V_{cc}$ på 18 V men den blev bara 14 V, alltså en förstärkning på 140. Orsaken kan bero på att resistansen på feedback-loopen är väldigt stor, 220 k Ω och orsakar ett läckage av ström, vilket leder till ett fel i spänningen. Om en läcka av 1 μ A uppstår, med en resistans på 1 M Ω över feedback-loopen, skulle det uppge ett fel på 1 V. Även detta ifrågasattes då felet inte bör vara stort nog för att skapa ett så stort fel i mätningarna, så anledningen bakom felkällan är därför okänd.

5.3 Felkällor

De felkällor som kan ha påverkat resultatet är komponentvariationer, felaktig avläsning från oscilloskopet, samt variationer på mikrofonen. Tex har spänningsmätningarna en felmarginal på ca ± 3 -5 %, vilket är oscilloskopets felmarginal.

Mätningar i Tabell 1 och Tabell 2 för olika decibelnivåer fördes, men de var inte precisa. Anledningen var för att förhållandet mellan decibelnivåerna och utspänningen inte var mätt jämsides, utan de approximerades separat under olika tillfällen.

5.4 Eventuella utvecklingar och tillämpningar

Kretsen som har designats kan tillämpas till flertalet applikationer, och utvecklas om det behövs. Kretsen mäter och jämför inmatningsspänningen, och matar ut ett värde baserat på detta. Med modifiering kan det användas som en analog till digital omvandlare. Bullerindikatorns utmatning är inte i bitar, men kan omvandlas med smärre förändringar. Det går till exempel att addera fler grenar till spänningsfördelningarna. Även enskilda moduler av kretsen kan användas, som likriktaren och V-V förstärkaren då de inte bygger på principer specifikt för projektet utan kan användas till flera olika kretsar.

5.5 Slutsats

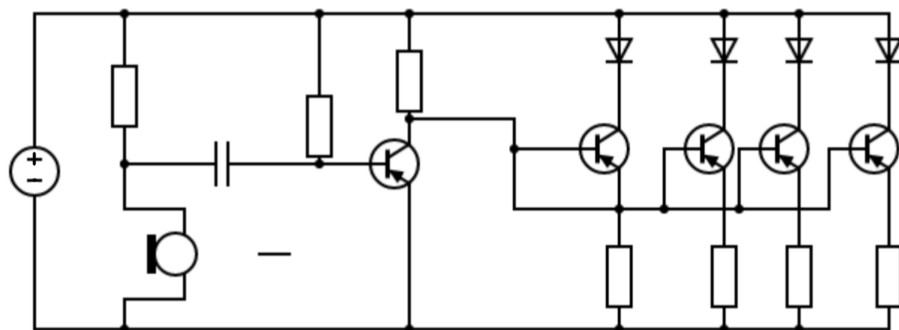
Den färdiga kretsen fungerar enligt målet, vilket var att med en mikrofon tända olika lysdioder som representerar olika ljudnivåerna. Dock uppfyllde denna krets inte den egentliga uppgiften för projektet fullständigt. Projektet syftar på en bullerindikator som ska indikera bullernivå medan den byggda kretsen istället indikerar generell ljudnivå på hela frekvensspektrumet. Detta kunde åtgärdas genom att implementera ett bandpassfilter med syfte att endast låta lågfrekvent buller förstärkas. Ty, brist på tid samt att bullerindikatorn dömdes godkänd i syfte till projektet så tillämpades aldrig denna idé.

Slutsatsen av projektet är att en fungerande bullerindikator har konstruerats. Dessutom är kretsen enkel att avläsa eftersom olika lysdioder tänds beroende på ljudnivån. Dessa ljudnivåer är också passande utifrån vad en människa kan uppleva som störande eller inte. Därmed har syftet med projektet blivit uppfyllt.

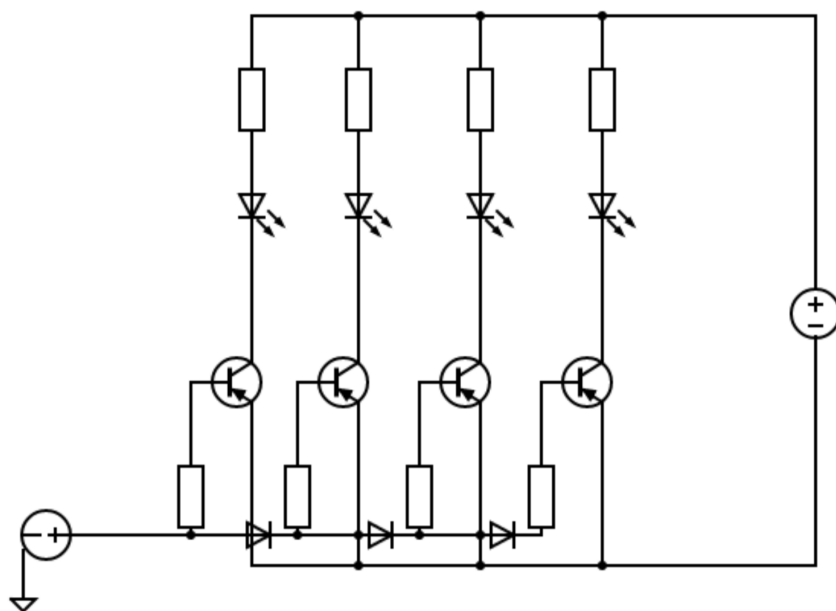
Källförteckning

- [1] Arbetsmiljöverket. *Risker med buller*. 2020. URL: <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/buller/risker-med-buller/> (Hämtad: 02/10/2023).
- [2] A. R. Hambley. *Electrical Engineering: Principles and Applications*. 7th ed. Harlow, Storbritannien: Pearson Education Limited, 2019.

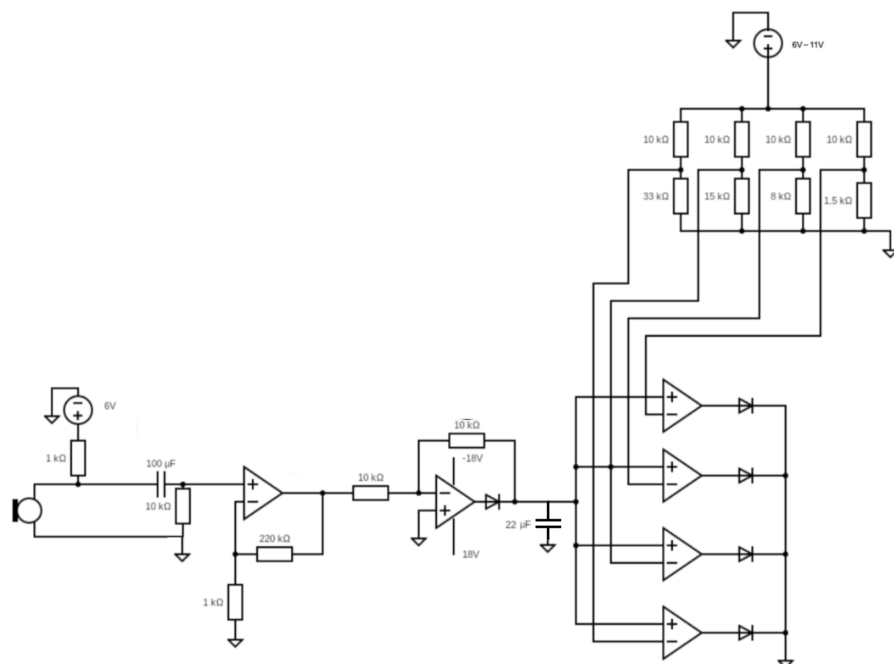
Bilagor



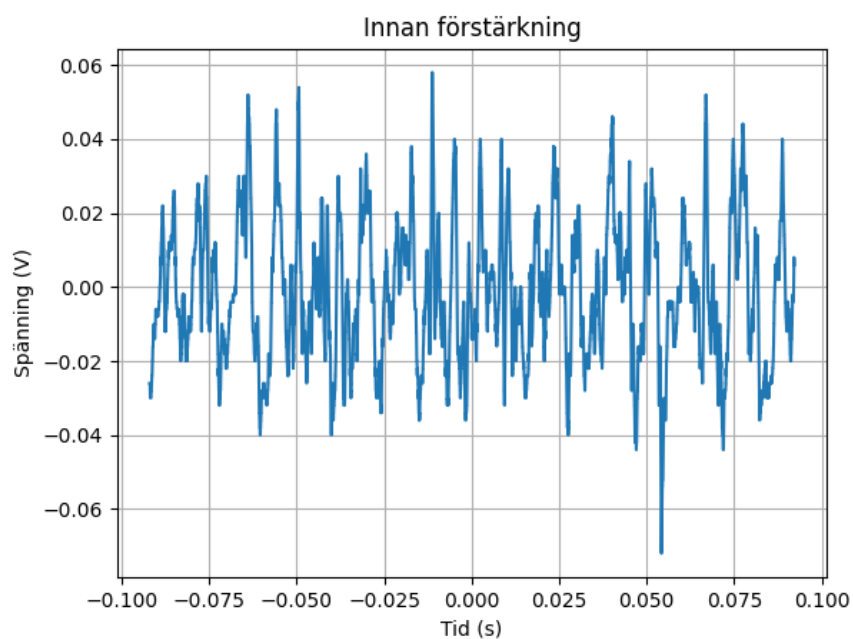
Figur 4: Övergiven kretsmodell



Figur 5: Övergiven modell för lysdioder



Figur 6: Slutgiltig kretsmodell utan numrering av kretsens olika huvuddelar



Figur 7: Figuren visar förhållandet mellan spänning (V) och tid (s) innan förstärkning på en ordinär ljudnivå/insignal.