

Analog Elektronik 2: Kattmatare av Analoga Komponenter

Maximilian Hallqvist

19 december 2024

Innehåll

1	Introduktion	1
2	Begreppsförklaring	1
3	Materiel	1
3.1	Materiel under projektets gång	1
3.2	Diskreta komponenter samt integrerade kretsar i projektet	1
4	Metod	2
4.1	Timerkrets	2
4.2	Motordrivare	3
5	Resultat	5
5.1	Timerkrets	6
5.2	Motordrivare	9
6	Diskussion	10
7	Slutsats	10

Figurer

1	Blockschema över kretsen för utmatare	2
2	Timer kretsschema av modifierad 555-timer	2
3	Simulering av timer kretsschema	3
4	Transistorbrygga kretsschema till stegmotor-drivare	4
5	Färdigbyggd kretssystem byggt på kopplingsdäck	5
6	Timerkrets kopplad utgång utan strömreglage	7
7	Timerkrets kopplad utgång med strömreglage	7
8	Räknarkrets utsignal av Q_A på första 8-bit-räknare	8
9	Klocksignal matad till dekadräknare i motordrivare	9

Tabeller

1	Sanningstabell SR-vippa av NOR grindar	3
---	--	---

Referenser

- [1] buildelectroniccircuits. *555 Timer Calculator*. URL: <https://www.build-electronic-circuits.com/circuit-calculator-conversion/555-timer-calculator/>.
- [2] Wikibooks contributors. *Practical Electronics: Stepper Motors*. 2014. URL: https://en.wikibooks.org/wiki/Practical_Electronics/Stepper_Motors.
- [3] Øyvind Nydal Dahl. *555 Timer Tutorial: How It Works and Useful Example Circuits*. 2021. URL: <https://www.build-electronic-circuits.com/555-timer/>.

1 Introduktion

Inom ramen för kursen Analog Elektronik 2 (TNGE25) gör alla studenter enskilt eller i grupp ett miniprojekt. Syftet med detta projekt är att designa och konstruera en krets av huvudsakligen analoga komponenter vars funktion är en utmatare (kattmatare). Utmataren ska med upprepade intervall på åtta timmar driva en stegmotor ett specifikt antal varv.

2 Begreppsförklaring

SR-vippa (Set-Reset Latch): Digital logisk krets som används för att lagra ett binärt tillstånd.

Dekadräknare: Digital räknare som kontinuerligt räknar i decimalformat 0-n.

NOR-grind: Digital grind som ger ett högt logiskt värde då alla ingångar är låga.

3 Materiel

3.1 Materiel under projektets gång

- Kopplingsdäck
- Oscilloskop
- Funktionsgenerator
- Likspänningsagregat
- Resistorer (E12)
- Kondensatorer olika sorter
- PP3-Batteri (9V)
- LTspice (Simuleringsprogramvara)

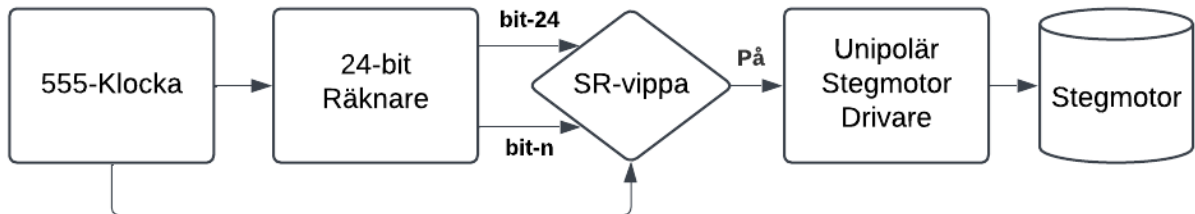
3.2 Diskreta komponenter samt integrerade kretsar i projektet

- L78S05CV - Linjär Spänningsregulator
- LM741CN - Operationsförstärkare
- 74HCT02N - Quad 2 in NOR-grind
- SN74HC590AN - 8-bit Räknare
- CD4017BE - Dekadräknare
- 2N3904 - NPN Transistor
- 2N2222A - NPN Transistor
- 1N4001 - Diod

4 Metod

Blockschema visas i Figur 1. Systemet har en gemensam klocka som med en räknare skapar et tidsintervall på åtta timmar samt driver den unipolära stegmotorn.

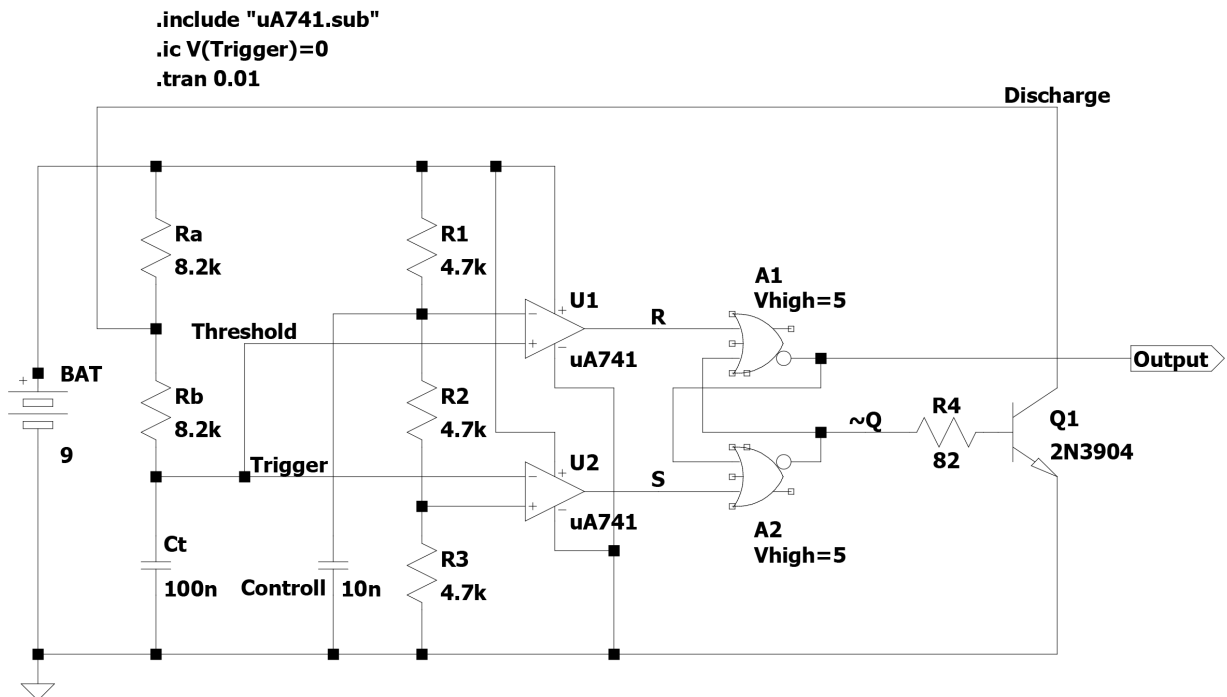
Kretsen gavs en matningsspänning på 9V från ett PP3-batteri som utnyttjas av samtliga komparatorer i timerkretsen. För att driva resterande integrerade kretsar m.m. användes en linjär spänningsregulator med utspänning 5V.



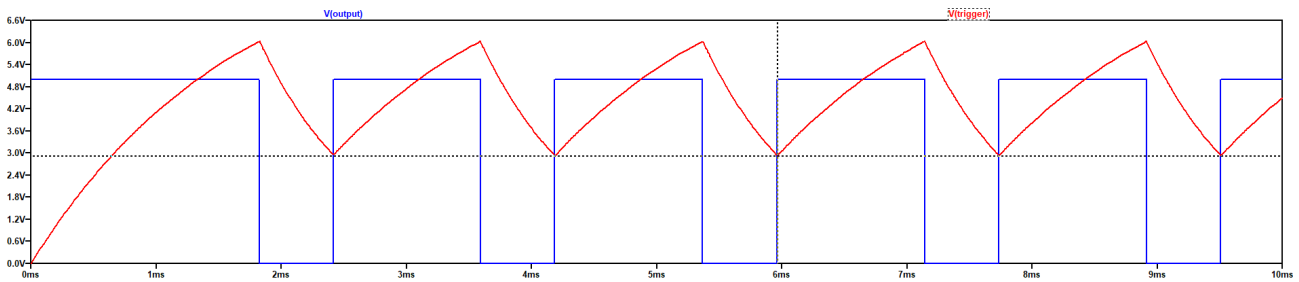
Figur 1: Blockschema över kretsen för utmatare

4.1 Timerkrets

För att skapa tidsintervallet för utmataren byggdes en timerkrets enligt Figur 2 baserat på en asymmetrisk 555-timerkrets av Dahl [3]. Kretsen simulerades i LTSpice där både utsignal och laddningskondensatorn C_t spänning visas i Figur 3. Tre lika resistorer kopplas upp till komparatorerna och agerar som referensspänningar. Båda komparatorernas utsignaler matades därefter till en SR-vippa vars sanningstabell visas i Tabell 4.1.



Figur 2: Timer kretsschema av modifierad 555-timer



Figur 3: Simulering av timer kretsschema

Tabell 1: Sanningstabell SR-vippa av NOR grindar

Input S	Input R	Output Q
0	0	Föregående
0	1	0
1	0	1
1	1	E/T

En 24-bitar-räknarkrets byggdes upp med tre kaskadkopplade 8-bitar-räknare som matas klockpulsen från timerkretsen. För att uppnå det önskade intervallet på åtta timmar räknades den önskade frekvensen ut enligt Ekvation (1). Därefter dimensionerades komponenter ansvariga för utfrekvensen av timerkretsen med Ekvation (2) från buildelectroniccircuits [1]. De slutgiltigt valda komponenterna (se kretsschema) förväntades ge en utfrekvens $585.4Hz$.

$$f = \frac{1}{T} = \left(\frac{8 * 60^2}{2^{24}} \right)^{-1} = \frac{2^{24}}{8 * 60^2} = 582.5Hz \quad (1)$$

$$f = \frac{1.44}{(R_a + 2R_b)C_t} \approx 582.5Hz \quad R_a = R_b = 8.2k\Omega, \quad C_t = 100nF \quad (2)$$

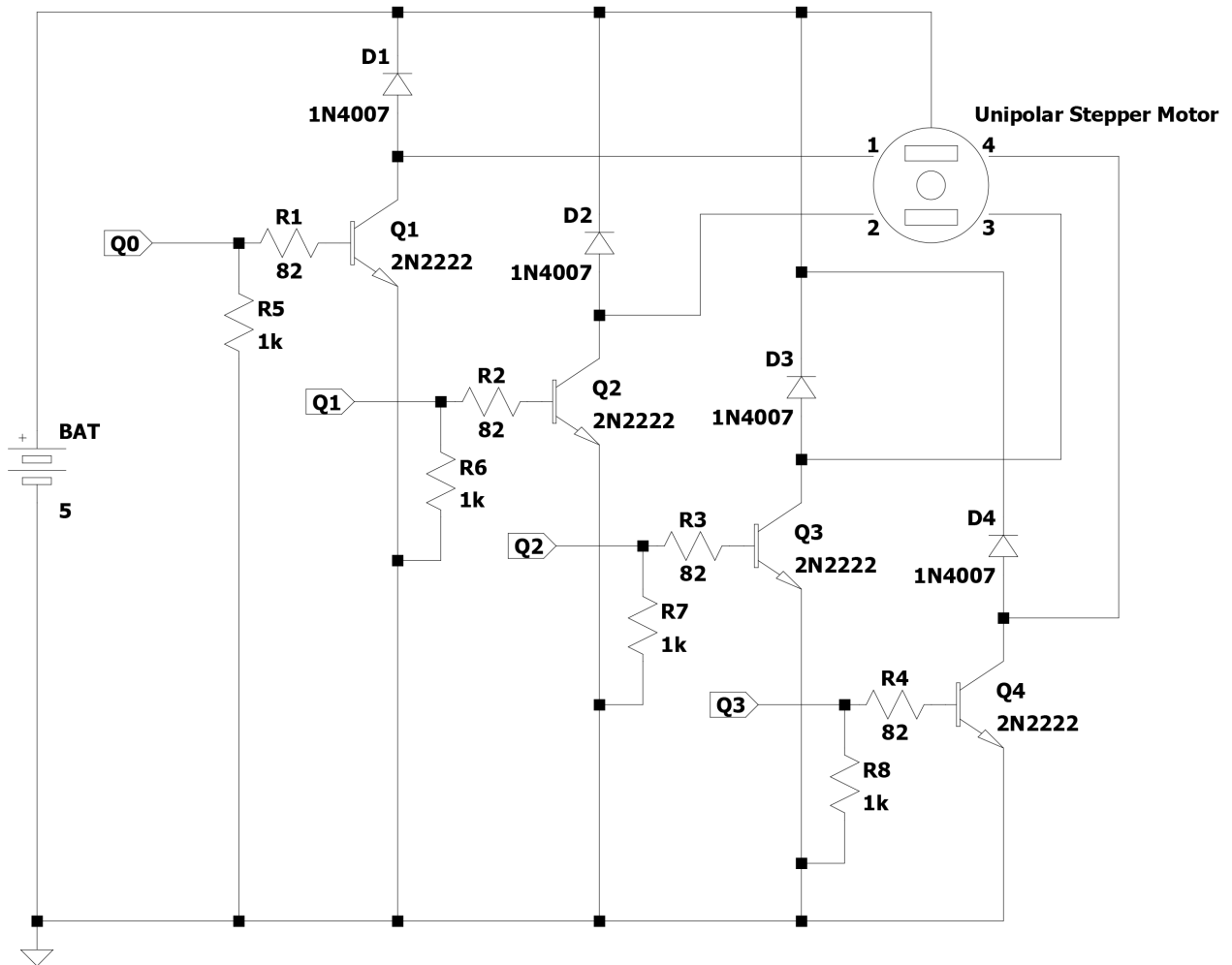
Utsignalen (bit-24) från räknarkretsen kopplades till RESET på en ny SR-vippa konstruerad av NOR-grindar vars syfte är att styra motordrivaren. För att styra tiden som motorn är på kopplas en godtycklig bit-n på räknaren till SR-vippans SET. Även om bit-n oscillerar innan det att SR-vippa slår på igen händer inget. Vidare kopplades utsignalen även till vardera räknarens RESET. Detta gör att bit-24 både slår på motorn och återställer sig själv.

För att kombinera SR-vippans logik (av/på) med en klocksignal drevs signalen från SR-vippan till en NOR-grind på samma integrerade krets. Därtill kopplades en godtycklig klocksignal. Detta har funktionen av en exklusiv inverterad AND-grind (NOR); när SR-vippans RESET är på (bit-n *high*) matas klocksignalen inverterat till dekadräknaren. När räknaren börjar om och för första gången når bit-n återställs SR-vippan och motorn stängs av. Stegmotorn drivs med ett förutbestämt antal steg av räknaren själv och kan därmed drivas av en gemensam klockfrekvens.

4.2 Motordrivare

Unipolära stegmotorer består av två spolar, där varje spole har en gemensamt eller separat spänningskälla. De övriga kablarna är anslutna till ändarna av respektive spole. Detta gör det möjligt att styra vardera halva spolen separat contributors [2].

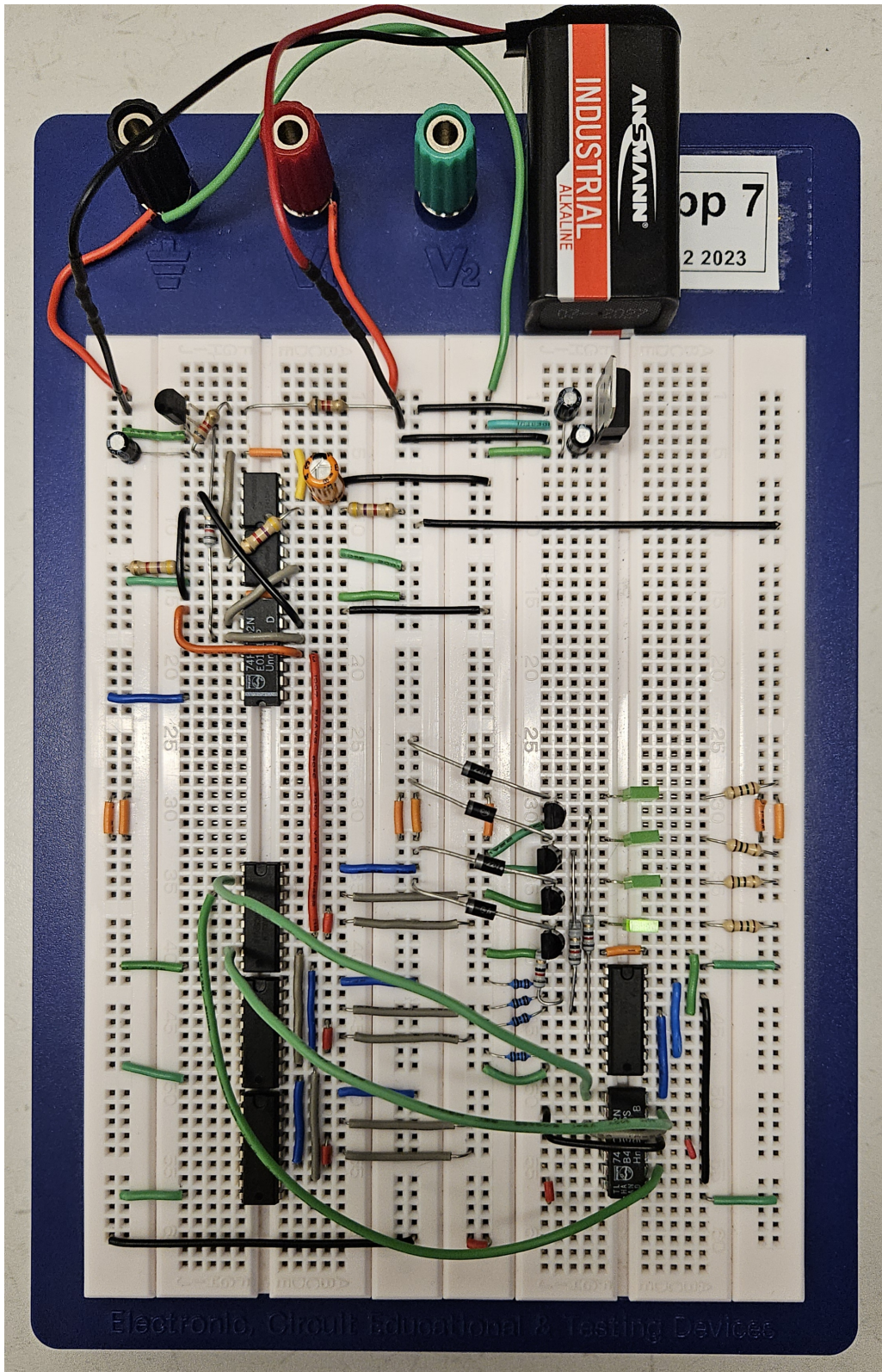
Enligt kretsschemat i Figur 4 användes en transistorbrygga för att styra varje spole separat. Genom att jorda varje spole för sig flödar ström genom spolarna i tur och ordning. Detta skapar magnetfält som mycket precist roterar rotorn gradvis. För att inte skada transistorerna sattes både en resistor i serie med dess bas och en pull-down resistor för att ytterligare minska strömmen. Insignalerna till transistorernas bas matades från en stegräknare (komponent exkluderad från kretsschema).



Figur 4: Transistorbrygga kretsschema till stegmotor-drivare

5 Resultat

Den färdigbyggda kopplingsdäcket visas i Figur 5.

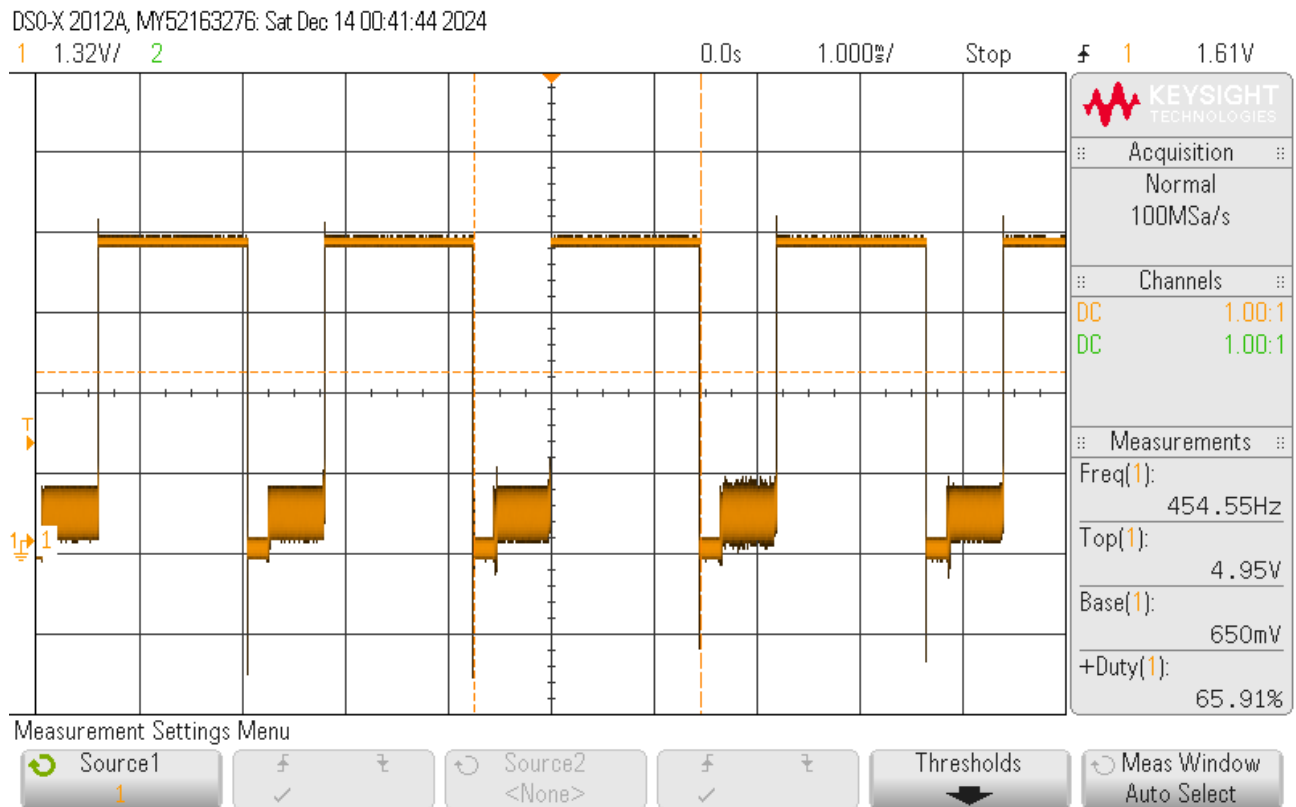


Figur 5: Färdigbyggd kretssystem byggt på kopplingsdäck

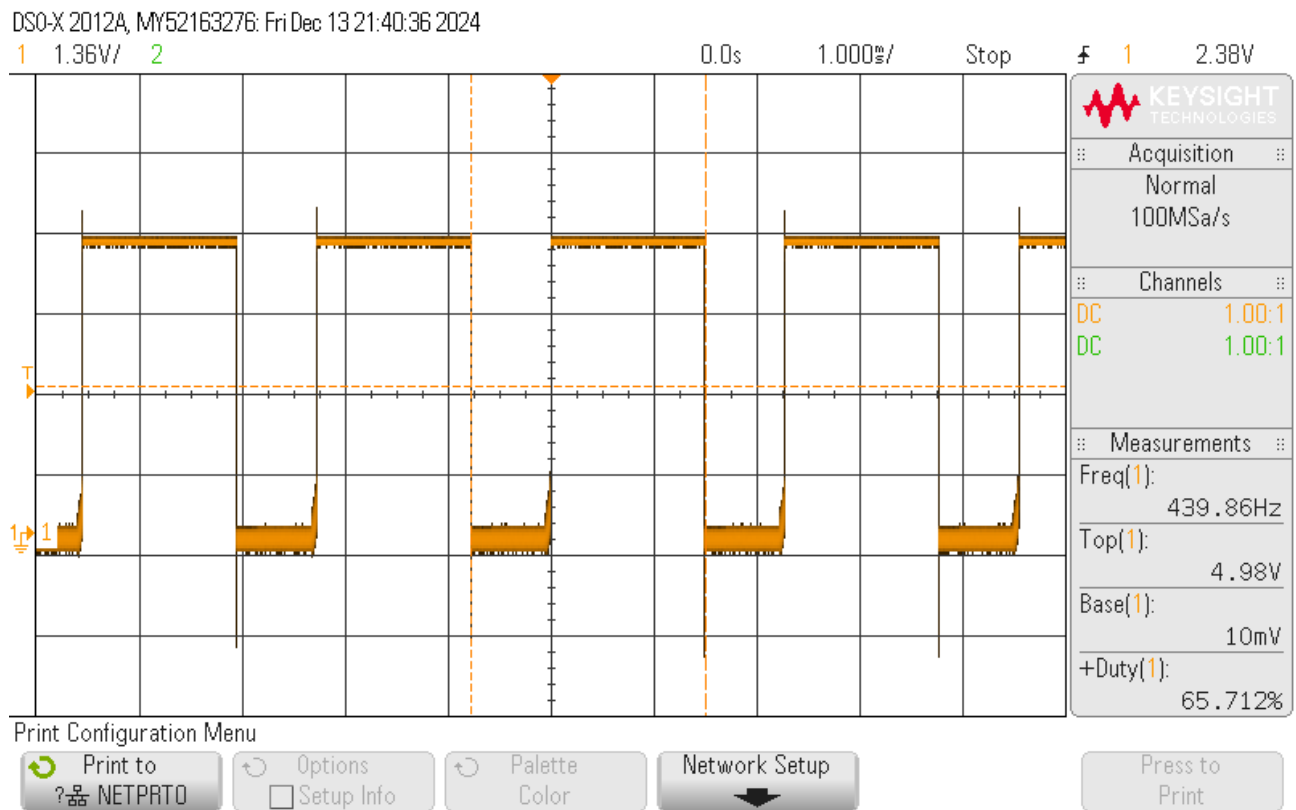
5.1 Timerkrets

Utsignal från timerkrets utan strömreglage till laddningstransistor Q_1 visas i Figur 6. Den uppmätta frekvensen av fyrkantsvågen var $454.6Hz$. Detta gjorde att räknarkretsen oscillerade oförutsägbart.

Samma utsignal med strömreglage till laddningstransistor Q_1 visas i Figur 7. Den uppmätta frekvensen av fyrkantsvågen var $439.9Hz$.

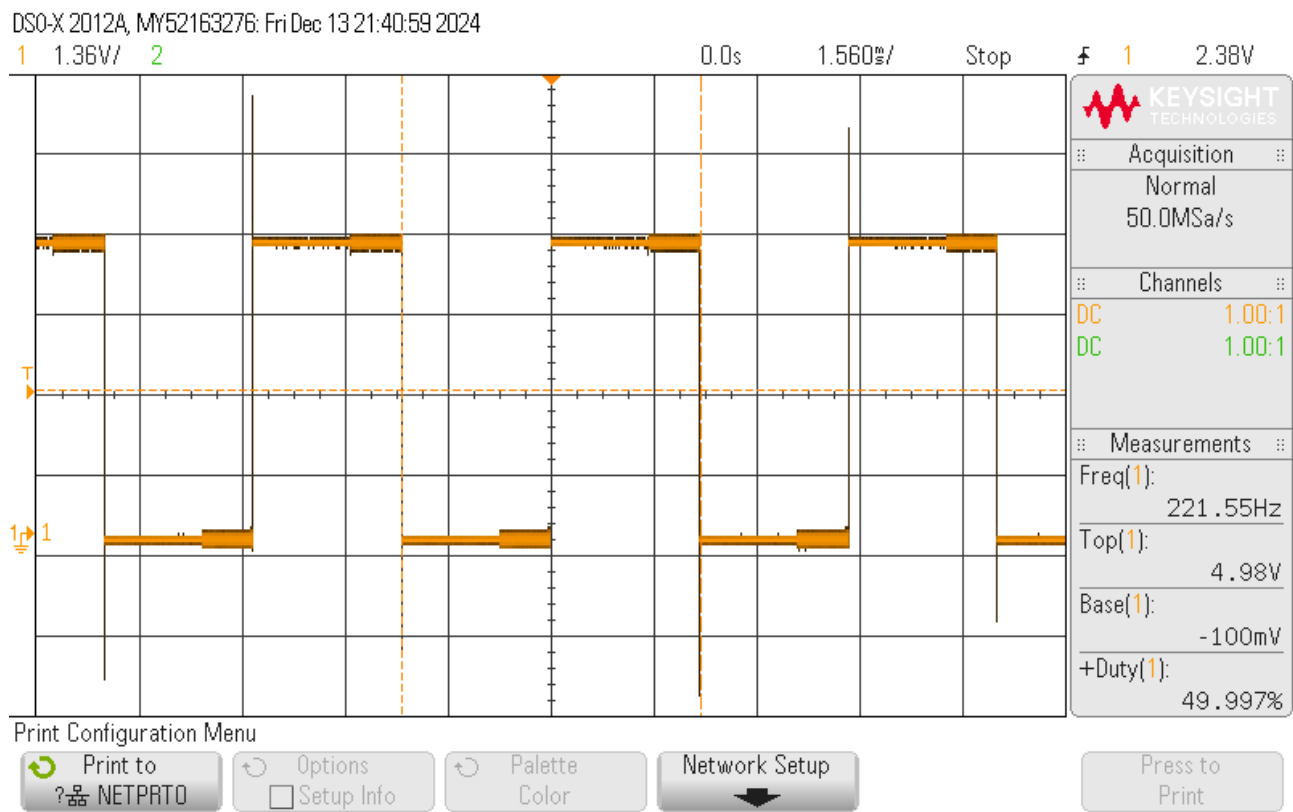


Figur 6: Timerkrets kopplad utgång utan strömreglage



Figur 7: Timerkrets kopplad utgång med strömreglage

Utsignal från Q_A på första 8-bit-räknare visas i Figur 8.

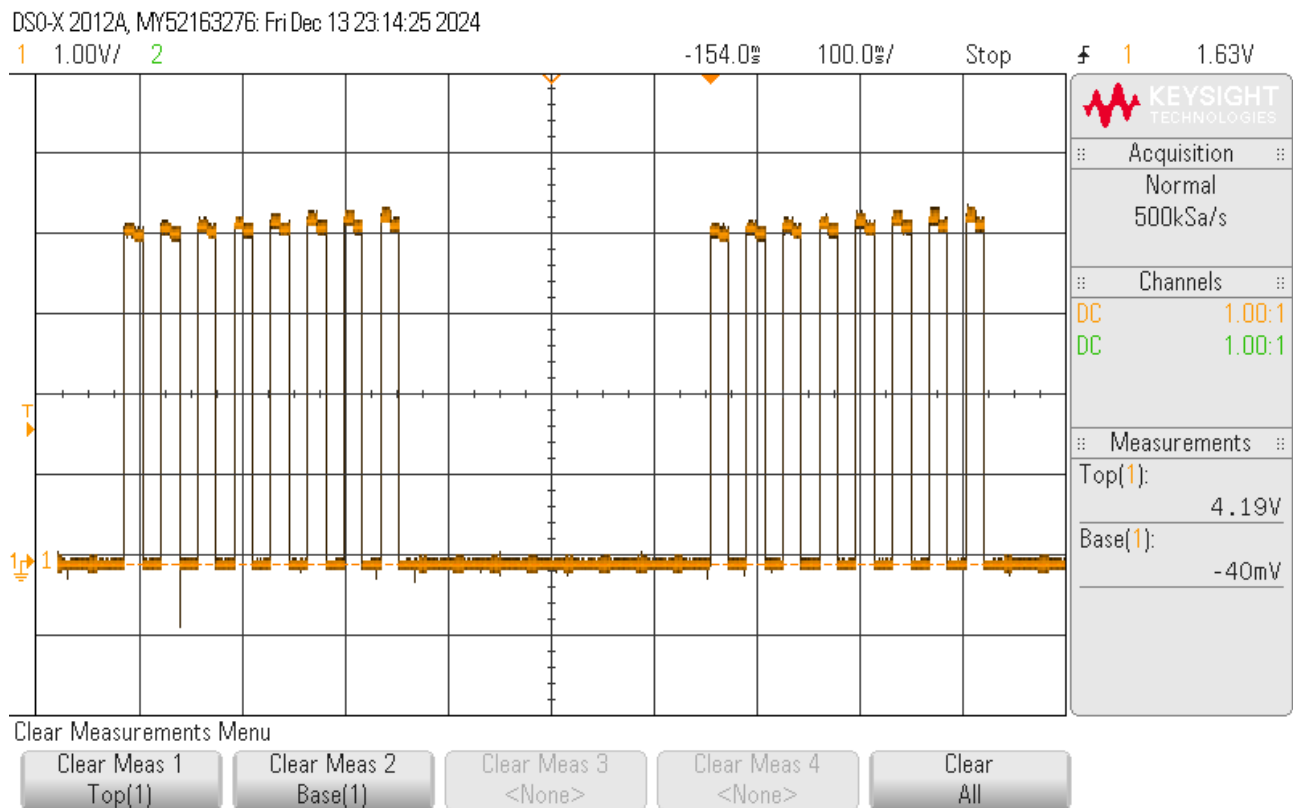


Figur 8: Räknarkrets utsignal av Q_A på första 8-bit-räknare

5.2 Motordrivare

Motordrivaren fungerade som förväntat men kunde inte demonstreras då ingen fungerande unipolär stegmotor fanns till hands. Istället demonstrerades motordrivarens funktion med en fyra parallella lysdioder med resistans 15Ω i serie vid vardera kollektor på transistorerna.

Klocksignalen matad till dekadräknare visas i Figur 9.



Figur 9: Klocksignal matad till dekadräknare i motordrivare

6 Diskussion

Under projektets gång uppstod flera utmaningar som på olika sätt påverkade kretsens funktion. Timerkretsen var särskilt svår att felsöka då så många faktorer påverkar utsignalen. Fyrkantsvågen från timerkretsen var till en början ofungerande eller oscillerade av sig självt. I detta fall kunde laddningskondensatorn bortkopplas vilket gav en fyrkantsvågen av fel amplitud och frekvens. Utsignalen från SR-vippa kopplades från början **direkt** till basen på transistor Q_1 . Detta gav upphov till brus i övergången på utsignalen ty laddningskondensatorn inte laddades ur i rätt takt. Denna effekt förvärrades då timerkrets och 24-bit-räknare kopplades ihop. Efter längre felsökande prövades olika resistorer i serie (R_4) tills fyrkantsvågen blev stabil.

Den slutliga frekvensen av fyrkantsvågen var betydligt annorlunda från den som förväntats. Istället för att nå 585.4Hz resulterade den slutgiltiga frekvensen med strömreglage till endast 439.9Hz ; orsaken till detta förblir oklar. Vidare noterades att frekvensen ökade med c.a. 20Hz då klocksignalen nyttjades av räknaren.

Räknarkretsen agerade inte som förväntat med svårigheter att nyttja klocksignalen från timerkretsen. Räknaren bytte regelbundet läge vid fel tillfällen även då klocksignalen hade god potential. Detta orsakades av saknade bypasskondensatorer till spänningsregulatorn. Med dessa kunde räknaren använda klocksignalen från timerkretsen men detta skapade även synligt men obetydligt brus i fyrkantsvågen.

7 Slutsats

Projektet har framgångsrikt demonstrerat grundläggande funktioner av olika delar av systemet, där en timerkrets styr en motordrivare för unipolära stegmotorer. Trots problem med klocksignalens frekvens och amplitud, åtgärdades detta genom att inkludera bypasskondensatorer till spänningsregulatorn och ansätta strömreglage i form av resistor till laddningskondensatorn. Motordrivaren tros vara funktionell men kunde inte beprövas då det inte fanns tillgång till någon unipolära stegmotor. Istället demonstreras drivarens funktion av en serie lysdioder.

Projektet visar på vikten av noggrant komponentval och planering och vikten av att praktiskt pröva och experimentera med kretsen. Faktorer som komponenttoleranser, störningar och hur implementering av kretselement går till har stor inverkan i det slutgiltiga resultatet.

Referenser

- [1] buildelectroniccircuits. *555 Timer Calculator*. URL: <https://www.build-electronic-circuits.com/circuit-calculator-conversion/555-timer-calculator/>.
- [2] Wikibooks contributors. *Practical Electronics: Stepper Motors*. 2014. URL: https://en.wikibooks.org/wiki/Practical_Electronics/Stepper_Motors.
- [3] Øyvind Nydal Dahl. *555 Timer Tutorial: How It Works and Useful Example Circuits*. 2021. URL: <https://www.build-electronic-circuits.com/555-timer/>.