

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

ITE1844, 2019V

Kristoffer Johan Garmann

INNHALDSFORTEGNELSE

| | |
|-----------------------------------|---|
| Figurliste..... | 1 |
| Innledning | 1 |
| 2 555-timeren | 2 |
| 2.1 Historie..... | 2 |
| 2.2 Oppbygning..... | 2 |
| 2.2.1 Komparatorer..... | 2 |
| 2.2.2 SR-flipflop..... | 2 |
| 2.2.3 Pinner | 2 |
| 2.3 Vanlige konfigurasjoner | 3 |
| 2.3.1 Monostabil modus | 3 |
| 2.3.2 Bistabil modus..... | 3 |
| 2.3.3 Astabil modus..... | 4 |
| 2.4 Eksempler på bruk | 5 |
| 2.4.1 Dioder..... | 5 |
| 2.4.2 Tilbakekoblet utgang..... | 5 |
| 3 Diskusjon..... | 6 |
| 4 Konklusjon..... | 6 |
| 5 Referanser..... | 7 |

FIGURLISTE

| | |
|---|---|
| Figur 1 Intern oppbygning av en 555-timer (555 Timer Tutorial, 2019) | 2 |
| Figur 2: 555-timer konfigurert i monostabil modus | 3 |
| Figur 3: 555-timer i bistabil modus. | 3 |
| Figur 4: 555-timer i astabil modus | 4 |
| Figur 5: Oppstart og oscillering i en 555-timer i astabil modus. (Kilde: Prosjektrapport, Garmann 2019) | 4 |
| Figur 6: Oppladning og utladning gjennom dioder | 5 |
| Figur 7: Tilbakekoblet utgangssignal..... | 6 |

INNLEDNING

Denne rapporten er mitt forsøk på å forstå og videreformidle en 555-timers oppbygning, virkemåte, og bruksområder.

1 555-TIMEREN

555-timeren er en integrert krets(IC) med mange forskjellige bruksområder. Den kan naturligvis brukes som en timer, men den kan også konfigureres som en inverter og til å oscillere. Det ryktes at 555-timeren er verdens mest produserte IC. Den er billig, lett å konfigurere og har bruksområder kun begrenset av fantasi.

1.1 HISTORIE

Hans R. Camenzind designet 555-timeren i 1971. Hovedkonseptet bak 555-timeren ble demonstrert av samme person i 1970 i en spenningskontrollert oscillator(VCO) kalt 566. Problemet med 566-oscillatoren var at den brukte ni pinner. Det er én pin for mye når standarden er 14 pinner, eller det mye billigere alternativet, åtte pinner. Camenzind reviderte designet i 1971 og kom frem til den endelige 555-timeren som kun trenger åtte pinner. Dette beholdt funksjonaliteten men gjorde kretsen betydelig billigere, noe som sannsynligvis har bidratt til dens popularitet.

1.2 OPPBYGNING

Internt består en 555-timer av 25 transistorer, et par dioder og 15 motstander. Hvordan disse henger sammen skal vi ikke gå nærmere inn på, men vi skal derimot se på funksjonene de utgjør. Oversikt over den interne oppbygningen kan følges under i Figur 1.

Mellom driftsspenning og jording har man tre $5k\Omega$ -motstander som utgjør en tredelt spenningsdeler. I følge Camenzind har ikke navnet på ICen noe med disse motstandene å gjøre, det er helt tilfeldig. Spenningsdeleren brukes som referanse på en og to tredjedeler av driftsspenningen for to komparatorer.

1.2.1 Komparatorer

Disse to komparatorene er designet slik at den ene skal slå seg på når spenningen på inngangen går over under en tredjedel av driftsspenningen, mens den andre skal slå seg på dersom spenningen på dens inngang går over to tredjedeler av driftsspenningen.

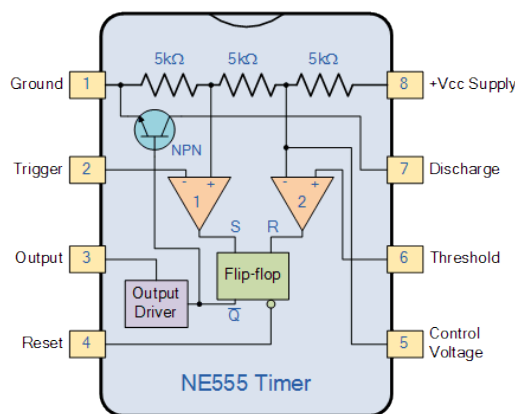
1.2.2 SR-flipflop

Komparatorenes utgang er koblet direkte i inngangene på en SR-flipflop. Utgangen på denne flipfloppen er koblet til en utladningstransistor som kobler utladningspinnen til jord når den er aktiv.

1.2.3 Pinner

De viktigste pinnene er pinne 2 og 6, «Trigger» og «Threshold», som gir tilgang til inngangene på komparatorene. Pinne 7, «Discharge», gir tilgang til utladningstransistoren, og dermed jord dersom denne er aktiv. Utgangssignalet finner man på pinne 3, «Output».

De to siste pinnene, «Reset» og «Control Voltage», gir tilgang til hhv. å resette den interne SR-flipfloppen manuelt, og spenningen på den ene komparatoren. Control voltage kan brukes til å endre referansen til den øvre komparatoren og dermed endre timing basert på en spenningsvariasjon. Disse to siste pinnene brukes ikke i de vanlige operasjonsmodusene og man bør



Figur 1 Intern oppbygning av en 555-timer (555 Timer Tutorial, 2019)

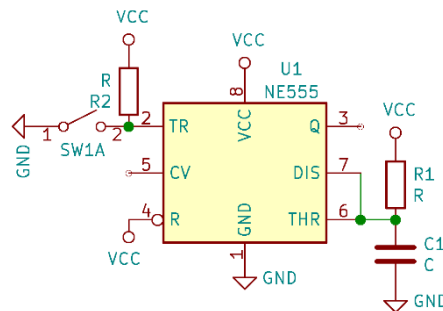
aktivt deaktivere disse ved å sette spenning på reset, og koble bort control voltage med en kondensator.

1.3 VANLIGE KONFIGURASJONER

De vanligste operasjonsmodusene til en 555-timer er i monostabil, bistabil, eller astabil modus.

1.3.1 Monostabil modus

I monostabil modus vil en puls på inngangen gi ut en puls med en lengde som kan konfigureres vha. verdiene på de eksterne komponentene. Den har én stabil tilstand. Selve oppkoblingen vises i Figur 2 under.



Figur 2: 555-timer konfigurert i monostabil modus

Ved oppstart vil utgangen være 0V. Kondensatoren er utladet fordi når utgangen er lav er den interne utladningstransistoren på pinne 7 aktiv. Når man trykker på knappen (SW1A) vil spenningen på inngangen til den første komparatoren synke under referanseverdien ($\frac{1}{3} V_{CC}$) og SR-flipfloppe og utgangen vil skru seg på. Når dette skjer vil også utladningstransistoren skru seg av. Dette gjør at Kondensatoren, C_1 , begynner å lade. Når spenningen over kondensatoren når $\frac{2}{3} V_{CC}$ vil den andre komparatoren slå seg på med det resultat at 555-timeren returnerer til utgangspunktet.

Pulslengden som oppstår i monostabil modus er i følge databladet gitt ved formelen(1)

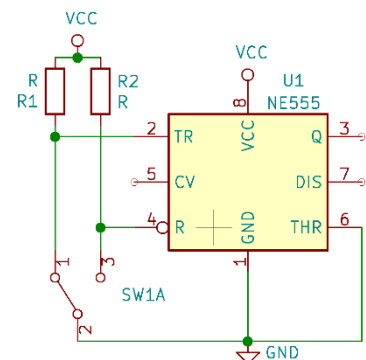
$$t = 1.1R_1C_1 \quad (1)$$

hvor pulslengden t er gitt i sekunder når motstanden og kondensatoren oppgis i henholdsvis ohm og farad. Utgangspulsen starter i det man kortslutter pin 2 og timeren vil ikke reagere på flere kortslutninger før utgangspulsen er ferdig. Dersom kortslutningspulsen er lenger enn den konfigurerte utgangspulsen vil utgangspulsen være lik kortslutningspulsen.

1.3.2 Bistabil modus

I bistabil modus vil 555-timeren som en vippe, den har to stabile tilstander. Den eksterne konfigurasjonen er vist i Figur 3. Pin 2 og 4, trigger og reset, er koblet til Vcc gjennom en motstand, og en bryter kortslutter en av disse om gangen. Når pin 2 er kortsluttet som på figuren vil den interne vippen være satt og utgangen er på. Dersom man skruer bryteren over i motsatt posisjon vil vippen resettes gjennom pin 4, og vil være resatt helt til pin 4 blir spenningsatt. Dette skruer av utgangen.

Dette er i praksis samme oppførsel som en bryter.

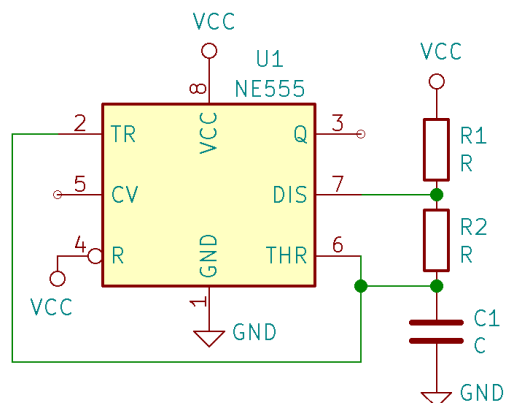


Figur 3: 555-timer i bistabil modus.

1.3.3 Astabil modus

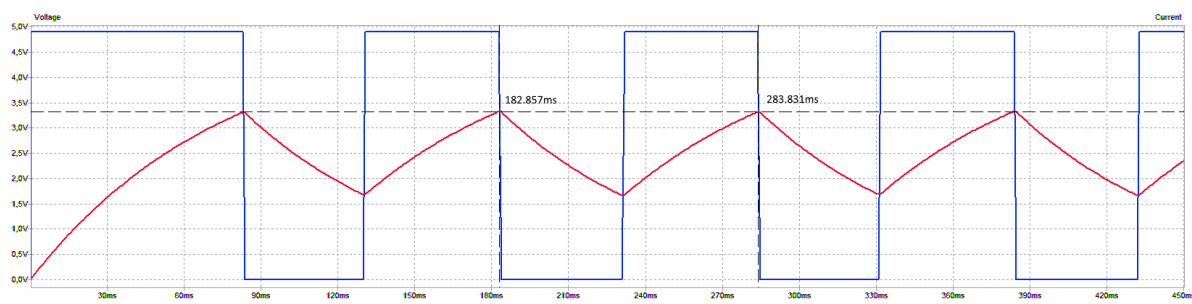
I astabil modus vil kretsen et pulstog. Den har ingen stabile tilstander og vil produsere oscillerende firkantpulser. I Figur 4 ser man et eksempel på en 555-timer i astabil modus. Den kan konfigureres med to motstander, R_1 og R_2 , og en kondensator, C_1 . Denne kretsen starter med aktivt utsignal.

Kondensatoren vil lades opp, og når spenningen over den når $\frac{2}{3} V_{CC}$ vil komparator nummer to skru seg på og 555-timeren vil slå av utsignalet. Dette gjør også at utladningskondensatoren aktiveres slik at kondensatoren vil lades ut igjen. Når spenningen over denne faller under $\frac{1}{3} V_{CC}$ vil komparator nummer én skru seg på og utgangen vil med dette skru seg på igjen. Dette deaktiverer utladningstransistoren og kondensatoren vil begynne på nytt.



Figur 4: 555-timer i astabil modus

I Figur 5 under vises en simulert oppstart av en 555-timer i astabil modus. Spenning over kondensatoren er i rødt og utgangssignalet er i blått.



Figur 5: Oppstart og oscillering i en 555-timer i astabil modus. (Kilde: Prosjektrapport, Garmann 2019)

Det er verdt å merke seg at den første pulsen er litt lenger enn de etterfølgende fordi kondensatoren må lades opp fra 0V, mens den deretter oscillerer mellom $\frac{2}{3} V_{CC}$ og $\frac{1}{3} V_{CC}$.

1.3.3.1 Frekvens og duty cycle

I følge databladet kan man regne ut frekvens ved likning(2)

$$f \approx \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C_1} \quad (2)$$

Frekvens er gitt i hertz dersom motstander oppgis i ohm og kondensator i farad.

Tiden for høyt og lavt signal kan finnes med formlene(3)(4)

$$T_H = 0.694(R_1 + R_2)C_1 \quad (3)$$

$$T_L = 0.694R_2C_1 \quad (4)$$

$[T_H]$ er tiden utgangen er høy i sekunder, mens $[T_L]$ er tiden utgangssignalet er lavt. Resistansene er gitt i ohm og kondensatorens verdi er gitt i farad.

Disse tidene er forskjellige fordi kondensatoren lader opp gjennom begge kondensatorene, mens den lader kun ut gjennom R_2 . Dette gir en duty cycle som alltid vil være over 50%.

Duty cycle kan finnes ved å finne forholdet mellom disse tidene over perioden, eller man kan enkelt beregne direkte fra de eksterne motstandene etter formel(5)

$$Duty\ Cycle(\%) = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \times 100 \quad (5)$$

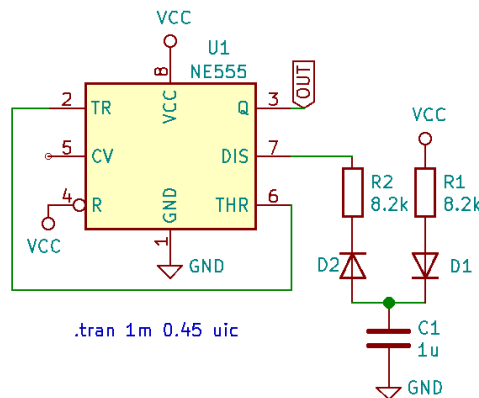
1.4 EKSEMPLER PÅ BRUK

De tre standard operasjonsmodusene har et bredt anvendelsesområde. Man kan lage seg en lysbryter som slår seg av etter en tid. Man kan dimme lyset ved å bruke en astabil 555-timer som PWM-driver. Som sagt i innledningen så er det kun fantasien som setter grenser.

I dette faget har jeg samtidig arbeidet med en stoppeklokke basert på 555-timere, og vært innom disse tre modusene i sin vanlige form. For å bevege meg litt bort fra standarden vil jeg se nærmere på duty-cycle og hvordan denne kan manipuleres.

1.4.1 Dioder

Man kan bruke et par dioder for å lade opp og ut kondensatoren gjennom kun en motstand av gangen. Et eksempel er vist under i Figur 6.

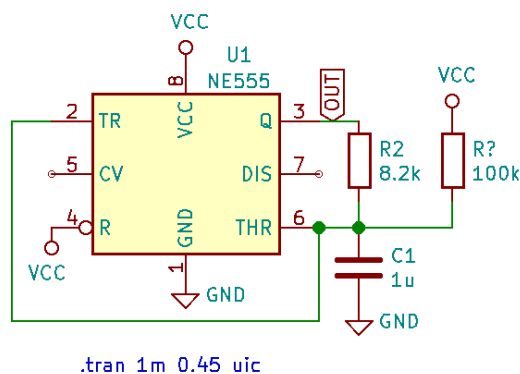


Figur 6: Oppladning og utladning gjennom dioder

I dette tilfellet kan man manipulere duty-cycle og periode slik man vil da T_H og T_L er helt uavhengige av hverandre. Man kan også oppnå duty cycle under 50%, noe som ikke var mulig i standardkonfigurasjon.

1.4.2 Tilbakekoblet utgang

Dersom man kun trenger nøyaktig 50% duty-cycle kan man tilbakekoble utgangssignalet og lade opp og lade ut kondensatoren gjennom pinne 3 (ElectronicsTutorials, 2019). Denne konfigurasjonen er vist i Figur 7.



Figur 7: Tilbakekoblet utgangssignal

I denne konfigurasjonen vil kondensatoren lades gjennom R2 mens utgangen er aktiv, og lades ut gjennom samme motstand når utgangen slås av. Når man lader opp og ut gjennom samme kondensator vil lav og høy periode bli like. Man kan finne frekvensen ved hjelp av formel(6)

$$f = \frac{1}{0.693(2R_2)C_1} \text{ Hz} \quad (6)$$

Motstandene gis i ohm, og kondensatorens verdi i farad.

I denne konfigurasjonen kan man bestemme frekvens vha. en enkelt ekstern motstand og man er garantert 50% duty-cycle.

2 DISKUSJON

555-timeren er utrolig anvendelig. Den egenskapen at den konfigureres med eksterne komponenter gir meg følelsen av at man programmerer uten å måtte kunne noe om programmering. Jeg har vist flere alternative måter å bruke den på, og kunne tenke meg å undersøke dette videre.

Denne rapporten ble utarbeidet samtidig med prosjektarbeid i faget og jeg valgte å utføre både fordypning og prosjekt med 555-timer som tema. Dette har ført til en del overlapp og i noen tilfeller grenser det til selvplagiering. Hvis jeg hadde vært like klok i begynnelsen av semesteret som i dag vill jeg valgt forskjellige tema på oppgavene.

Jeg vil derimot påstå at 555-timeren har utspilt sin rolle i reelle timer-oppgaver da andre oscillatorer kan gi mye høyere nøyaktighet per krone. For billige hjemmeprosjekt og i undervisning har den fremdeles stor betydning og det vil den fortsette med. Jeg har selv merket en betraktelig økning i intuisjon når det gjelder elektriske kretser og hvordan de oppfører seg, langt utover den teoretiske undervisningen.

3 KONKLUSJON

I denne rapporten har jeg presentert 555-timerens historie, oppbygning, og forskjellige virkemåter. Det er vist at den har forskjellige virkemåter som kan anvendes til utallige formål. Jeg har presentert to alternative konfigurasjoner utover de tre standardmodusene monostabil, bistabil, og astabil.

555-timeren er spesielt nyttig i undervisning, men har kanskje utspilt sin rolle i reelle applikasjoner.

Med tanke på læringsutbytte burde jeg valgt en annen oppgave. Til gjengjeld har jeg lært mer nødvendig om 555-timere, og det er vel et godt mål på fordypning.

4 REFERANSER

555 Timer Tutorial. (2019, Mai 1). Retrieved from ElectronicsTutorials: https://www.electronicstutorials.ws/waveforms/555_timer.html

Camenzind, H. (2005). *Designing Analog Chips*. Virtualbookworm.com Publishing.

ElectronicsTutorials. (2019, May 19). *555 Oscillator Tutorial*. Retrieved from ElectronicsTutorials: https://www.electronics-tutorials.ws/waveforms/555_oscillator.html

Floyd, T. L. (2009). *Digital Fundamentals*. Pearson.

Texas Instruments. (1973, September). *NA555, NE555, SA555, SE555*. Retrieved from <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>