
Innhold

Figurer	i
Tabeller	i
1 Spenningskilde	1
Kilder	4

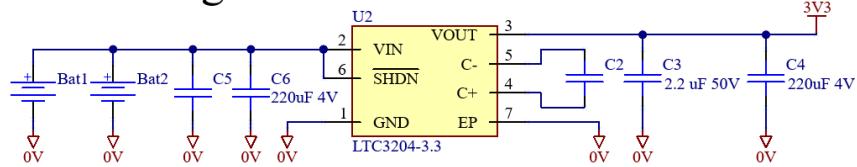
Figurer

1 Skjematikk for spenningskilden til pasientsystemet	1
2 Spenning over tid til et CR2032 batteri [3]	1
3 Batterikapasitet i forhold til konstant strømtrekk i et CR2032 batteri.	2
4 Skjematikk for kretsmodellen som ble brukt til å simulere på	2
5 Spenning og strøm-karakteristikk ved 100% batterikapasitet	3
6 Spenning og strøm-karakteristikk ved 50% batterikapasitet	3
7 Fast-Fourier transform på inngangssignalet	3
8 Forstørret Fast-Fourier transform på inngangssignalet	3
9 Fast-Fourier transform på utgangssignalet	4
10 Forstørret Fast-Fourier transform på utgangssignalet	4

Tabeller

1 Spenningskilde

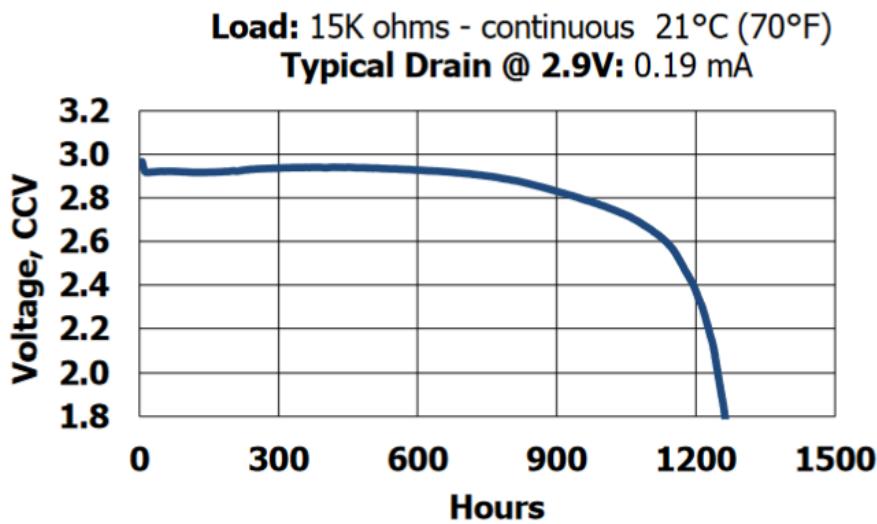
Power Regulator



Figur 1: Skjematikk for spenningskilden til pasientsystemet

Introduksjon ESP32-C6 opererer med en inngangsspenning på 3-3.3V og kan trekke opptil 302 mA under trådløs dataoverføring [1, s.20]. Databladet anbefaler imidlertid en strømforsyning som kan levere minst 500 mA. Dette er problematisk for en liten håndholdt IoT-enhet. Enheten kan ha et svært lavt strømforbruk, med muligheten til å trekke så lite som 7 μ A i dyp dvalemodus og 100 μ A i hvilemodus, og vi vil prøve å holde den i dyp dvalemodus så lenge som mulig for å maksimere batteriets levetid.

I tillegg har batterier ikke en konstant spenning, men snarere en spenningskurve som varierer avhengig av gjenværende kapasitet og batteritype. Et CR2032-batteri har en nominell spenning på 3V, men starter vanligvis med en spenning på 3.3V, som gradvis faller til 3V og til slutt mot 2V med en bratt kurve mot slutten av batteriets levetid, som illustrert i Figure 2. Det var derfor nødvendig med en spenningsregulator som kunne levere en stabil spenning til ESPen på 3.3V. Valget falt på en Buck-Boost-regulator av typen LTC3204 [2], da den har et bredt inngangsspenningområde på 1.8-4.5V, som dekker hele spenningsområdet til et CR2032-batteri, og har muligheten til å håndtere Lithium-ion 2032-batterier, med en maksimal spenning på 4.2V, hvis det er tilgjengelig. Den krever heller ikke eksterne spoler, noe som forenkler BOM og kretsdesign. Regulatoren hadde imidlertid ikke kapasitet til å levere 500 mA som anbefalt av ESP, men dette viste seg å være en termisk begrensning, ikke en teknisk begrensning, så det bør være mulig med tilstrekkelig kjøling. Derfor satte vi opp simuleringsmodeller for å undersøke om det var mulig å levere korte strømpulser når ESPen overførte data via RF.

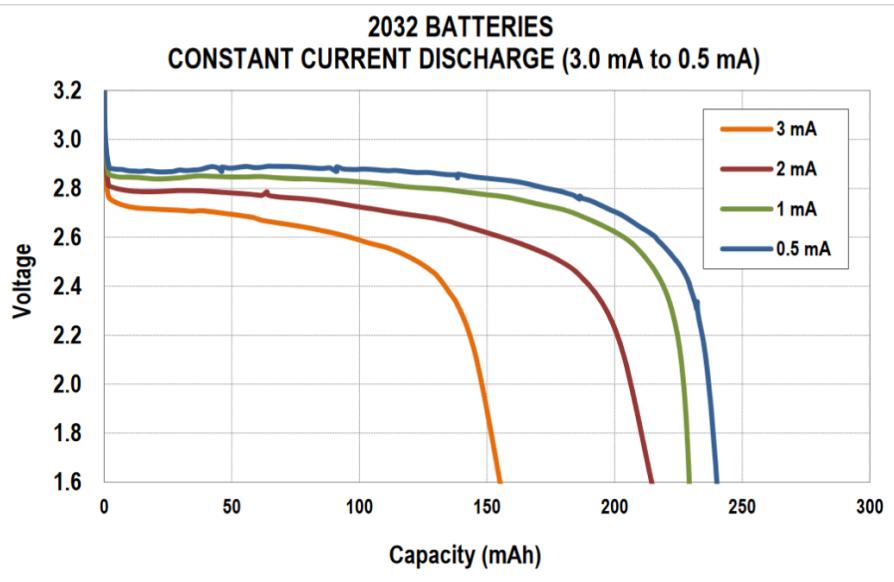


Figur 2: Spenning over tid til et CR2032 batteri [3]

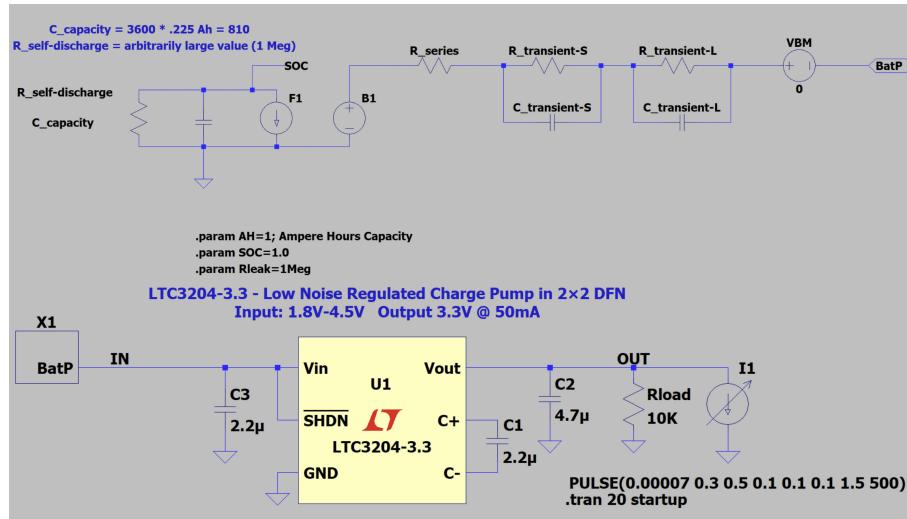
Bakgrunn om batteri Det vanlige CR2032-batteriet som enheten bruker, har potensial for lang levetid med lavt kontinuerlig strømforbruk, men det tåler ikke store effektuttak. Som dokumentert

i databladet [4] og på Stack Exchange [5], anbefales det ikke å trekke mer enn 5 mA fra et CR2032-batteri. Siden vi kun har behov for kraftig strømuttak i korte øyeblikk når RF er aktivert, kan store kondensatorer bidra til å jevne ut de høye strømtransientene. Imidlertid kan hyppige kraftige utladninger akselerere degraderingen av batteriets kjemi, noe som reduserer batterikapasiteten, som illustrert i Figure 3. På Stack Exchange [5] ble det foreslått å bruke superkondensatorer med millifarad-kapasitet, men på grunn av pris og størrelse passet de ikke i den tynne enheten. Dermed ble det valgt å bruke de største tilgjengelige keramiske kondensatorene som var på 220 μ F.

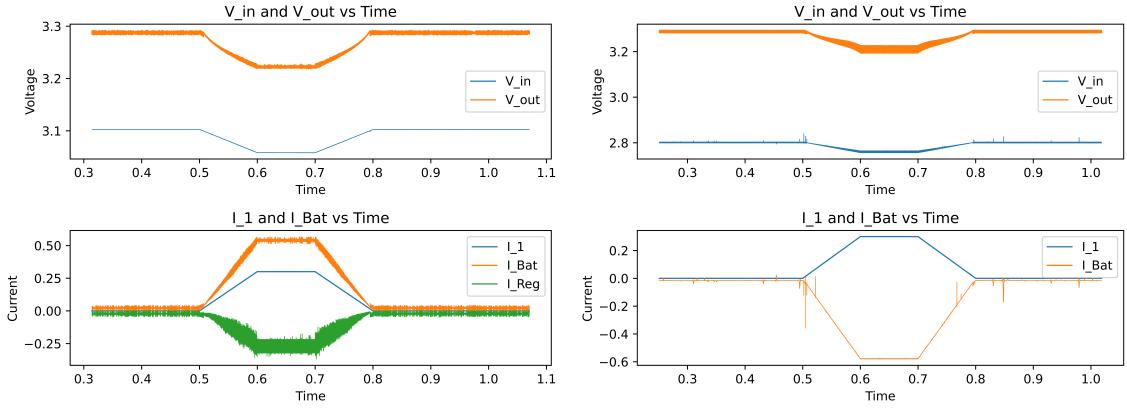
Simuleringer av batteri En modell av et CR2032-batteri ble lastet ned fra YouSpice [6] og tilpasset for å gjenskape OCV-kurven til Energizer sitt CR2032-batteri. For å bekrefte at endringene fungerte, ble batteriet simulert med en statisk strøm på 1 mA, noe som viste at batteriet hadde en spennin på 1.6V etter 240 timer, dette tilsvarer da 240 mAh med kapasitet, som vist i Figure 3. Deretter ble det lastet ned en modell av spenningsregulatoren fra Analog Devices [2], og disse to modellene ble integrert i en felles modell, som illustrert i Figure 4.



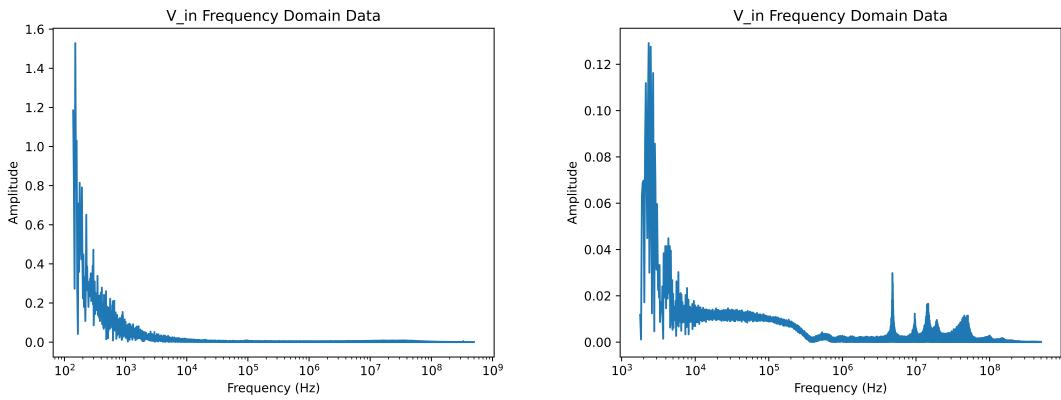
Figur 3: Batterikapasitet i forhold til konstant strømtrekk i et CR2032 batteri.



Figur 4: Skjematikk for kretsmodellen som ble brukt til å simulere på



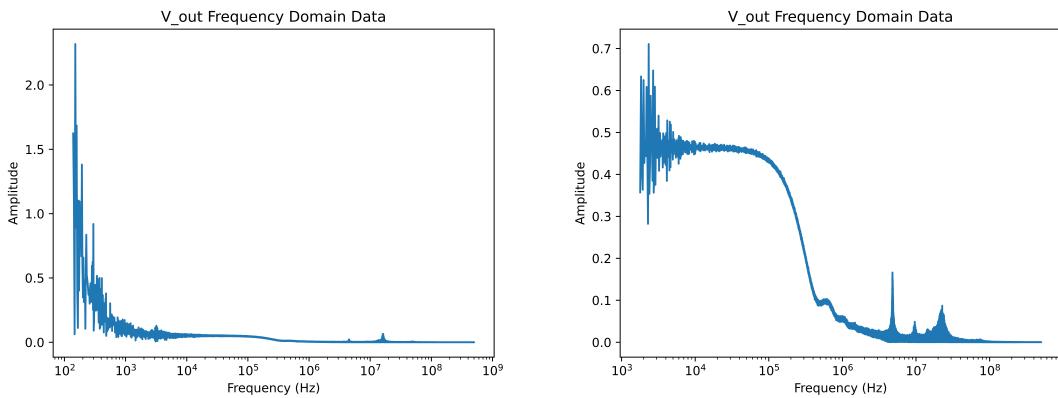
Figur 5: Spennin og strøm-karakteristikk ved Figur 6: Spennin og strøm-karakteristikk ved
100% batterikapasitet 50% batterikapasitet



Figur 7: Fast-Fourier transform på inngangssignalen
Figur 8: Forstørret Fast-Fourier transform på inn-
gangssignalet

Resultater Figure 5 og Figure 6 viser resultatet fra simuleringene ved både 100% og 50% batterikapasitet. Ved begge simuleringene så kan vi se et spenningsfall ut av regulatoren på ca. 100mV ved et strømtrekk på 300mA. Det at spenningen synker fra 3.3V til 3.2V på utgangen burde gå helt fint ettersom mikrokontrolleren kan tåle spenninger helt ned til 3V. Her kan vi også se at ved 50% batterikapasitet så er spenningen på batteriet er 2.8V istedenfor 3.1V og det fører til en vesentlig mye høyere strøm ut av batteriet. Simuleringene viser at nåværende design burde fungere helt fint.

Simuleringene er gjort med et tidsintervall på 1 ps noe som betyr at vi kan teoretisk se hvordan systemet oppfører seg i frekvensdomenet opp til 500 MHz. Figure 7 og Figure 8 viser amplituden ved de forskjellige frekvensene på inngangen til regulatoren hvor Figure 8 bare ser på et mindre stykke med målinger for å lettere kunne se hvor høydene er. Sammenlignet med Figure 9 og Figure 10 så er det mye mindre støy på inngangssignalet enn på utgangssignalet som forventet. Det som er verd å merke seg på utgangssignalet er at det er mellom 100 kHz og 1 MHz at vi først får skikkelig demping på støyen noe som vil si at på de analoge kretsene tilkoblet denne spenningsforsyningen så burde man ha enten et filter med mindre en 10 kHz knekkfrekvens eller en høypresisjons referanse-spenning.



Figur 9: Fast-Fourier transform på utgangssignalet
Figur 10: Forstørret Fast-Fourier transform på utgangssignalet

Kilder

- [1] E. Systems. «ESP32-C6-WROOM-1 - Datablad». (2022), adresse: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-c6-wroom-1_wroom-1u_datasheet_en.pdf (sjekket 18. mar. 2024).
- [2] A. Devices. «LTC3204-3.3 Datasheet». (), adresse: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/3204fa.pdf> (sjekket 18. mar. 2024).
- [3] Energizer, *Lithium coin-cell application manual*. adresse: https://data.energizer.com/pdfs/lithiumcoin_appman.pdf.
- [4] *PRODUCT DATASHEET CR2032*, Energizer. adresse: <https://data.energizer.com/pdfs/cr2032.pdf>.
- [5] lowtech (<https://electronics.stackexchange.com/users/110442/lowtech>), *Lithium Coin Cell CR2032 battery specifications*, Electrical Engineering Stack Exchange, URL:<https://electronics.stackexchange.com/q/234927> (version: 2016-05-18). eprint: <https://electronics.stackexchange.com/q/234927>. adresse: <https://electronics.stackexchange.com/q/234927> (sjekket 18. feb. 2024).
- [6] autospiderz. «Real World Battery». (), adresse: <https://youspice.com/spiceprojects/spice-simulation-projects/consumer-circuits-spice-simulation-projects/model-hobby-circuits/real-world-battery/>.