

Ontwerp van een ZXCT1107 Stroommonitor

Syme Vandenbosch

5 mei 2025

1 Inleiding

Om het vermogenverbruik van LED-lades nauwkeurig te meten, is een betrouwbare meting van de stroom naar de LED-PCB essentieel. Hiervoor is een sensor nodig die compatibel is met de analoge-naar-digitale converter (ADC) van de ESP32-microcontroller. De ZXCT1107, een high-side stroommonitor van Diodes Incorporated, is vergeleken met de ACS712 hallsensor en gekozen vanwege zijn hogere nauwkeurigheid bij stromen rond 2 A. Dit document beschrijft de keuze voor de ZXCT1107, vergelijkt beide sensoren en presenteert de berekeningen voor de weerstandswaarden om een sense-spanning van ongeveer 200 mV te bereiken, geschikt voor de ESP32.

2 Vergelijking van ZXCT1107 en ACS712

De ZXCT1107 is een shuntgebaseerde stroommonitor, terwijl de ACS712 een hallsensor gebruikt. Hieronder volgt een vergelijking van beide sensoren voor een toepassing met een stroom van 2 A.

2.1 ZXCT1107 (Shuntgebaseerd)

- **Voordelen:**

- Hoge nauwkeurigheid: Fout van $\pm 2.8\%$ bij $V_{\text{SENSE}} = 200 \text{ mV}$, ideaal voor stromen rond 2 A [1].
- Snelle respons: Bandbreedte van 0.65 MHz, geschikt voor dynamische metingen.
- Compact en kosteneffectief: SOT23-behuizing.
- Ongevoelig voor magnetische velden, zoals die van ventilatormotoren nabij de voeding.

- **Nadelen:**

- Vermogensverlies: De shuntweerstand veroorzaakt 0.4 W verlies bij 0.1 Ω en 2 A.
- Geen galvanische scheiding: Niet geschikt voor hoogspanning (niet nodig bij 24 V).
- Nauwkeurige weerstandskeuze vereist, wat de nauwkeurigheid bepaalt.

2.2 ACS712 (Hallsensor)

- Voordelen:

- Galvanische scheiding: Veilig bij hoogspanning, maar niet relevant bij 24 V [2].
- Eenvoudige integratie: Analoge uitgang compatibel met de ESP32 ADC.
- Geen spanningsval: Geen vermogensverlies in het stroompad.

- Nadelen:

- Lagere nauwkeurigheid: Resolutie van 100 mA, met meer ruis bij 2 A.
- Langzamere respons: Niet geschikt voor snelle stroomveranderingen.
- Gevoelig voor magnetische storingen, zoals van ventilatormotoren.

2.3 Reden voor de ZXCT1107

Voor een stroom van ongeveer 2 A biedt de ZXCT1107 een nauwkeurigere en stabielere meting dan de ACS712. De ESP32 ADC kan de uitgang direct verwerken, en galvanische scheiding is niet nodig bij een voeding van 24 V. De snelle respons en ongevoeligheid voor magnetische storingen, zoals veroorzaakt door ventilatormotoren nabij de voeding, maken de ZXCT1107 de meest geschikte keuze. Door toepassing van een lage shuntweerstand wordt het vermogensverlies geminimaliseerd.

3 Berekeningen voor Weerstandswaarden

Het circuit moet een stroom van 2 A meten met een sense-spanning van $V_{\text{SENSE}} \approx 200 \text{ mV}$, en een uitgangsspanning leveren binnen het 0–3.3 V ADC-bereik van de ESP32. De ZXCT1107 heeft een transconductantie van 4 mA/V [1]:

$$I_{\text{OUT}} = 0.004 \cdot V_{\text{SENSE}} \text{ (A)}.$$

De totale foutmarge is $\pm 6\%$, rekening houdend met een apparaatfout van $\pm 2.8\%$ en weerstandstoleranties van $\pm 1\%$ per weerstand.

3.1 Shuntweerstand (R_{SENSE})

Voor $V_{\text{SENSE}} = 200 \text{ mV}$ bij $I_{\text{LOAD}} = 2 \text{ A}$:

$$R_{\text{SENSE}} = \frac{V_{\text{SENSE}}}{I_{\text{LOAD}}} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \Omega.$$

Een standaardweerstand van 0.1Ω met 1% tolerantie wordt gekozen, wat een sense-spanning oplevert van:

$$V_{\text{SENSE}} = I_{\text{LOAD}} \cdot R_{\text{SENSE}} = 2 \cdot 0.1 = 0.2 \text{ V} = 200 \text{ mV}.$$

3.2 Uitgangsstroom

De uitgangsstroom van de ZXCT1107 is:

$$I_{\text{OUT}} = 0.004 \cdot V_{\text{SENSE}} = 0.004 \cdot 0.2 = 0.0008 \text{ A} = 800 \mu\text{A}.$$

3.3 Versterkingsweerstand (R_{GAIN})

Voor een uitgangsspanning van $V_{\text{OUT}} \approx 2.5 \text{ V}$:

$$R_{\text{GAIN}} = \frac{V_{\text{OUT}}}{I_{\text{OUT}}} = \frac{2.5}{0.0008} = 3125 \Omega.$$

Een parallel schakeling van 3.3k en 33k in serie met een weerstand van 120 = 3120.

$$V_{\text{OUT}} = I_{\text{OUT}} \cdot R_{\text{GAIN}} = 0.0008 \cdot 3120 = 2.568 \text{ V}.$$

Dit ligt binnen het ADC-bereik van de ESP32.

3.4 Foutanalyse

De totale fout bestaat uit:

- Apparaatfout: $\pm 2.8\%$ [1].
- Weerstandstoleranties: $\pm 10\%$ per weerstand (voor R_{SENSE} en R_{GAIN}), totaal $\sqrt{20^2 + 20^2} = \pm 28.28\%$.

De gecombineerde fout is:

$$\text{Totale fout} = \pm \sqrt{(2.8\%)^2 + (28.28\%)^2} \approx \pm 28.41\%.$$

3.5 Vermogensdissipatie

- R_{SENSE} :

$$P_{\text{SENSE}} = I_{\text{LOAD}}^2 \cdot R_{\text{SENSE}} = 2^2 \cdot 0.1 = 0.4 \text{ W}.$$

Een weerstand van 0.5 W wordt aanbevolen.

- R_{GAIN} :

$$P_{\text{GAIN}} = I_{\text{OUT}}^2 \cdot R_{\text{GAIN}} = (0.0008)^2 \cdot 3300 = 0.002112 \text{ W} = 2.112 \text{ mW}.$$

Een standaardweerstand van 0.25 W volstaat.

4 Conclusie

Met $R_{\text{SENSE}} = 0.1 \Omega$ en $R_{\text{GAIN}} = 3120 \text{ k}\Omega$ levert de ZXCT1107 een sense-spanning van $V_{\text{SENSE}} = 200 \text{ mV}$ en een uitgangsspanning van $V_{\text{OUT}} = 2.56 \text{ V}$, met een totale fout van $\pm 28.41\%$. Dit maakt het circuit geschikt voor nauwkeurige meting van een 2 A LED-stroom met de ESP32. Het schema, inclusief een buckconverter voor de 3.3 V voeding van de driver-PCB, is opgenomen in de appendix.

Referenties

- [1] Diodes Incorporated, *ZXCT1107/ZXCT1109 Low Power Current Monitors*, Datasheet, 2010. Beschikbaar via: https://www.diodes.com/assets/Datasheets/ZXCT1107_1109.pdf.
- [2] Allegro MicroSystems, *ACS712 Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC*, Datasheet, 2020. Beschikbaar via: <https://www.allegromicro.com/en/products/sense/current-sensors/acs712>.

Appendix

Hieronder is het schema van het stroommeetcircuit met de ZXCT1107 opgenomen, weergegeven in liggende oriëntatie voor optimale leesbaarheid.

