

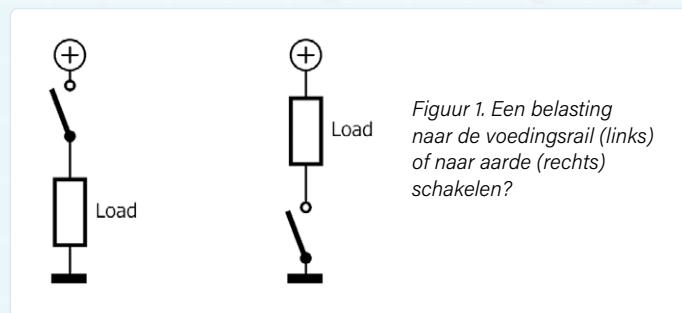
Developer's Zone

tips & trucs, vakkunstigheden en andere nuttige informatie

Clemens Valens (Elektor Labs)

High-side of low-side schakelen?

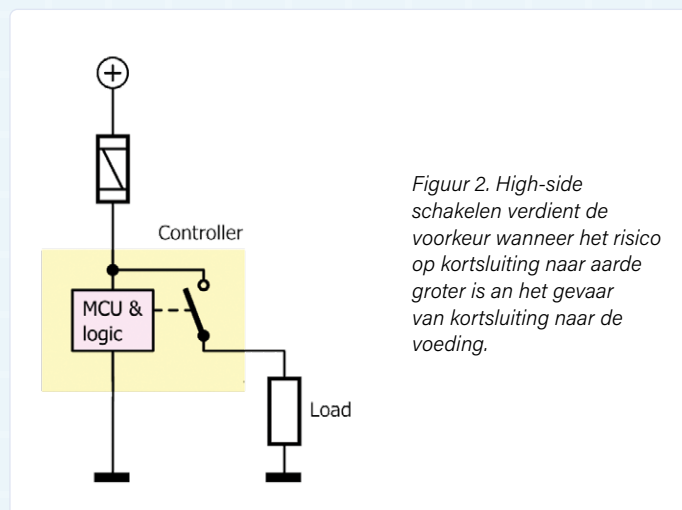
In systemen die high-side schakelen wordt de schakelaar tussen de positieve voedingsrail en de belasting geplaatst. Bij low-side schakelen daarentegen wordt de belasting naar massa geschakeld (**figuur 1**). De werking van high-side en low-side schakelen zijn gemakkelijk te begrijpen, maar wanneer verdient de ene methode de voorkeur boven de andere? Een ding staat vast: het hangt allemaal van de toepassing af.



Figuur 1. Een belasting naar de voedingsrail (links) of naar aarde (rechts) schakelen?

Vermijd gevaarlijke situaties

High-side schakelen (**figuur 2**) verdient de voorkeur in situaties waar kortsluiting naar aarde waarschijnlijker is dan kortsluiting naar de positieve voedingsrail. Denk bijvoorbeeld aan auto's of



Figuur 2. High-side schakelen verdient de voorkeur wanneer het risico op kortsluiting naar aarde groter is dan het gevaar van kortsluiting naar de voeding.

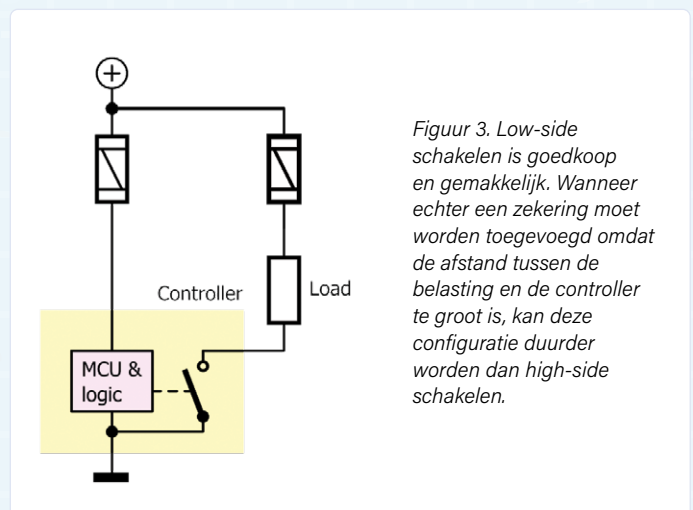
machines waarvan het grootste deel van de constructie met aarde is verbonden. In zulke gevallen is het veiliger om de belasting van de accu los te koppelen dan van de aarde. Ook resulteert dit in vochtige omgevingen meestal in minder corrosie van de aansluitklemmen omdat de belasting in de uitgeschakelde toestand geen spanning voert.

Zware belastingen: liever met N-type

Omdat N-type transistoren doorgaans meer stroom aan kunnen dan P-type transistoren, verdienen ze de voorkeur voor het schakelen van zware belastingen. Low-side schakelen met N-type schakelaars is eenvoudiger dan high-side schakelen; vaak kunnen de poorten van microcontrollers dat zonder speciale drivers.

Het gebruik van een N-type transistor voor high-side schakelen is mogelijk, maar vereist een stuurspanning die hoger is dan de spanning over de belasting die is aangesloten op de source of emitter. Om de gate of basis van de transistor boven zijn source- of emitterspanning te trekken, is een soort ladingpomp nodig, of een extra voeding. Dit bemoeilijkt het ontwerp, waardoor dat niet alleen duurder wordt maar waardoor ook de gevoeligheid voor ruis en interferentie toeneemt.

Het aansturen van zo'n high-side schakelaar met een PWM-sig-naal om bijvoorbeeld de snelheid van een motor of de helderheid van een LED te regelen, kan problematisch zijn vanwege de ladingpomp.



Figuur 3. Low-side schakelen is goedkoop en gemakkelijk. Wanneer echter een zekering moet worden toegevoegd omdat de afstand tussen de belasting en de controller te groot is, kan deze configuratie duurder worden dan high-side schakelen.

Een zekering kan het verschil maken

Low-side schakelen is dus meestal goedkoper dan high-side schakelen. Als de belasting en de controller zich echter niet dicht bij elkaar bevinden, kunnen voor de belasting en de controller aparte zekeringen nodig zijn om de systeembedrading efficiënt uit te voeren, in plaats van slechts één zekering die beide beschermt (figuur 3). Bij high-side schakelen zou er maar een nodig zijn. Dat lijkt misschien onbelangrijk, maar als je rekening houdt met de bedrading en het werk dat nodig is om een zekering in een zekeringkast toegankelijk te maken, kan zo'n extra zekering het kostenvoordeel van low-side schakelen heel goed teniet doen.

Goede aarde is goed

Bij low-side schakelen is er één massa-aansluiting voor zowel de belasting als de controller. Dit vermijdt aardpotentiaalverschillen (ground shift) tussen de twee bij grote stromen en als de controller en belasting niet dicht bij elkaar zijn gemonteerd. Low-side schakelen is daarom ongevoeliger voor ruis op de aardlijn dan high-side schakelen.

Aan de andere kant vormt een schakelaar in gesloten toestand een kleine weerstand in serie met de belasting. Dit resulteert in een kleine spanningsval, waardoor de massa van de belasting iets boven de massa van de controller ligt.

Dus wat is wijsheid?

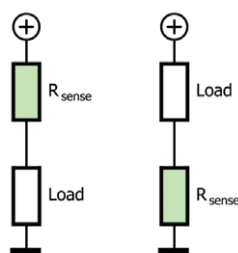
In gevallen waar alleen een (zware) belasting moet worden in- of uitgeschakeld, verdient high-side schakelen de voorkeur. Wanneer het vermogen naar een belasting moet worden geregeld via (relatief) high-speed PWM, bijvoorbeeld in een verlichtings- of verwarmings-systeem, verdient low-side schakelen de voorkeur.

En dan zijn er nog halve H-bridgen die zowel een high-side als een low-side schakelaar nodig hebben... en is er zoiets als PWM... Met andere woorden: zoals altijd moet u, voordat u voor een bepaalde techniek kiest, zeker weten dat het een goede keuze is voor de betreffende applicatie. ◀

190369-F-04

LOW-SIDE OF HIGH-SIDE STROOMMETING?

Een probleem dat vergelijkbaar is met high-side en low-side schakelen is stroomdetectie. Er zijn verschillende technieken voor het meten van stromen in een schakeling, maar de meest gebruikelijke is om een kleine weerstand met een bekende waarde in serie met de belasting te plaatsen. Omdat de stroom door de belasting en de seriële weerstand hetzelfde is, kunt u met de wet van Ohm de stroom berekenen door eerst de spanning over de seriële weerstand te meten en deze vervolgens te delen door de waarde van de weerstand. De vraag die nu rijst is: waar moet die weerstand worden aangesloten? Voor of achter de belasting? Met andere woorden, high-side of low-side stroommeting?



High-side versus low-side stroommeting.

Low-side stroommeting is goedkoop

In het geval van low-side stroommeting wordt de typisch kleine spanning over de meetweerstand ten opzichte van massa gemeten en kan deze worden versterkt met goedkope, laagspannings-opamps voordat de waarde wordt gedigitaliseerd en verder verwerkt door bijvoorbeeld een microcontroller. Net als bij low-side schakelen introduceert

de meetweerstand een kleine spanningsval die de belasting iets boven de systeemmassa tilt, wat mogelijk resulteert in ruis en ground bounce. Ook kan low-side stroommeting niet detecteren of de belasting is kortgesloten naar massa (hetzij intern hetzij aan een van de aansluitingen).

Hoge common mode-spanningen verwerken

High-side stroommeting heeft geen last van deze problemen, maar introduceert weer eigen moeilijkheden. Het spanningsverschil over de meetweerstand is bijvoorbeeld niet gerelateerd aan massa. Om daarvan een spanning ten opzichte van massa te maken zijn extra schakelingen nodig, waardoor het systeem duurder en complexer wordt.

Verder moet de versterker een common-mode spanning aankunnen die helemaal tot aan de positieve voedingspanning gaat (en zelfs hoger in het geval van transiënten), die in bepaalde toepassingen honderden volt kan bedragen. Daarom moet de versterker geschikt zijn voor een hoge voedingspanning of ingangen hebben die dergelijke hoge common-mode spanningen verdragen. Het minimaliseren van common-mode spanningsfouten impliceert ook het gebruik van (duurdere) precisiecomponenten.

Om het leven van de ontwerper een beetje te vergemakkelijken, hebben diverse halfgeleiderfabrikanten speciale high-side stroommeet-IC's aan hun portfolio toegevoegd.

Conclusie?

Welke manier kan stroommeting moet worden gekozen, is (weer) afhankelijk van de toepassing. High-side stroommeting kan detecteren of de belasting kortgesloten of open is, terwijl de belasting aan massa blijft gerefereerd. Vanwege de common mode-vereisten is deze methode echter complexer en duurder dan low-side meting. Wellicht biedt een speciaal stroommeet-IC een uitweg uit dit probleem.

TWEE METHODEN VOOR HIGH-SIDE STROOMMETING

In principe deelt de stroommeetversterker (links) de stroom door R_{sense} door een factor $R1/R_{sense}$ ($= 1000$) en stuurt deze door $R3$. De spanning over $R3$ is dus evenredig met de stroom door R_{sense} . Een stroom van 1 A door R_{sense} levert een stroom van 1 mA door $R3$ (1 k Ω), wat resulteert in een spanning van 1 V over $R3$.

De verschilversterker (rechts) vermenigvuldigt de spanning over R_{sense} met $R4/R2$ ($= 10$). Een stroom van 1 A door R_{sense} veroorzaakt een spanning van 0,1 V over R_{sense} en dat resulteert (tienmaal versterkt) in 1 V aan de uitgang van de opamp. Beide schakelingen leveren hetzelfde resultaat, maar ze zijn niet gelijkwaardig.

Bandbreedte

Ten eerste is de bandbreedte van de twee schakelingen niet hetzelfde. De verschilversterker heeft doorgaans een (veel) kleinere bandbreedte dan de stroommeetversterker en is daardoor beter geschikt voor het meten van de gemiddelde stroom door een belasting. De stroommeetversterker is daarentegen snel en kan de momentane stroom door de belasting ook bij hoge frequenties meten.

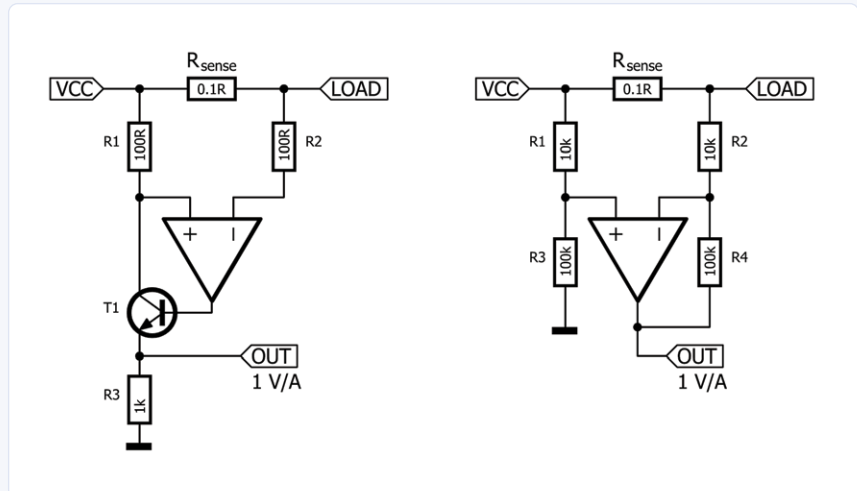
CMR

Een andere belangrijke factor waarmee rekening moet worden gehouden, is de common-mode onderdrukking of CMR. Omdat de common mode-spanning aan de ingangen hoog is, zal zelfs een kleine asymmetrie tussen de twee ingangen resulteren in een fout aan de uitgang van de versterker. De verschilversterker heeft daarom zeer nauwkeurige weerstanden nodig om de CMR-fout zo klein mogelijk te houden. In de stroommeetversterker is het voornamelijk de opamp die de CMR bepaalt, en dat is een parameter waarvoor de fabrikant verantwoordelijk is.

Robuustheid

Aan de andere kant kan een verschilversterker dankzij zijn externe weerstanden gemakkelijker worden aangepast aan zeer hoge common mode-spanningen dan de stroommeetversterker. Dit brengt ons bij het onderwerp van robuustheid van de stroommeetschakeling. Als er transiënten kunnen voorkomen die spanningen over de meetweerstand veroorzaken die buiten

het meetbereik vallen, wordt de verschilversterker beschermd door zijn hoogohmige weerstanden. In zulke gevallen moet de stroommeetversterker vooral vertrouwen op de in de opamp geïntegreerde overspanningsbeveiliging. Ook is een verschilversterker meestal ook beter bestand tegen een omgepoolde voeding.



Er zijn verschillende manieren om high-side stroommeting uit te voeren. De hier getoonde stroommeetversterker en de verschilversterker zijn twee daarvan.

Stroomverbruik

Ten slotte is er het stroomverbruik, vooral belangrijk in (ultra) low-power toepassingen. Indien rechtstreeks op de voeding aangesloten, zal de verschilversterker met zijn weerstanden altijd een beetje stroom verbruiken, zelfs als de opamp zelf niet gevoed wordt. De stroommeetversterker heeft een veel hogere ingangsimpedantie, waardoor batterijen langer meegaan.

Speciale IC's

Vanwege al deze subtiliteiten verkopen halfgeleiderfabrikanten speciale stroommeet-IC's op basis van verschillende topologieën, waardoor het veel gemakkelijker wordt voor ontwerpers om stroommeting aan hun applicaties toe te voegen.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur of naar de redactie van Elektor, via redactie@elektor.com.