

Daten vom CM1051 – CM2052

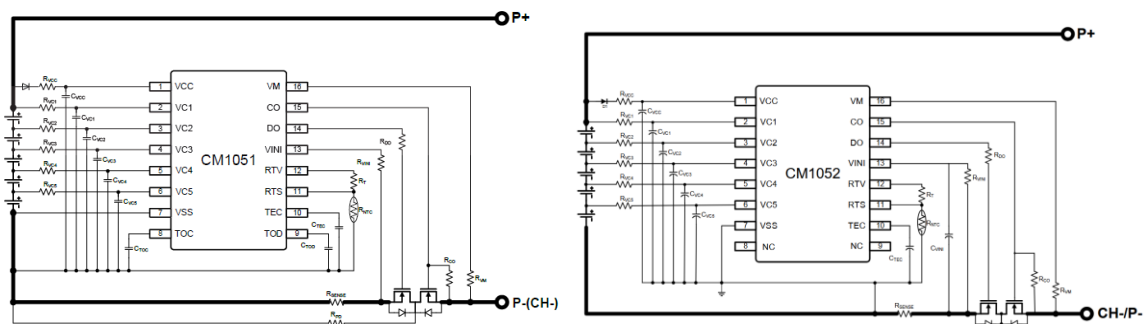
Der **CM1051** (hergestellt von iCM) ist ein dedizierter, hochintegrierter 5S (5 Zellen in Serie) Batterie-Schutz-IC für Lithium-Ionen-, Li-Polymer- oder LiFePO₄-Akkus. Er wird extrem häufig in 18V/20V Akku-Packs für Akkuschauber, Akkuwerkzeuge, Saugroboter und UPS-Systeme eingesetzt.

Hier ist eine Übersicht zur Funktionsweise und Integration in eine BMS-Schaltung:

1. Wichtigste Pin-Belegung (SOP-16 / TSSOP-16 Package)

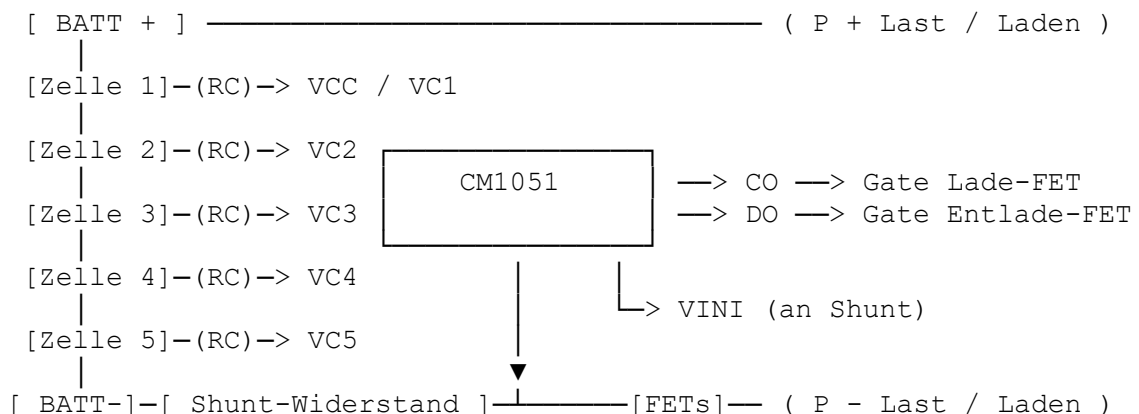
Um den Chip zu beschalten, müssen die Pins wie folgt belegt werden:

- **VCC & VC1 bis VC5:** Das Spannungsüberwachungs-Netzwerk. **VCC** geht an den Pluspol der obersten Zelle (Zelle 1). **VC1** überwacht Zelle 1, **VC2** die Verbindung zwischen Zelle 1 und 2, bis hin zu **VC5** (unterste Zelle). Jede Zelle benötigt typischerweise einen kleinen RC-Filter (z.B. 100 Ω Widerstand und 0,1 μ F Kondensator) zur Störunterdrückung.
- **VSS:** Der Chip-Ground, angeschlossen an den Minuspol der untersten Zelle (Zelle 5).
- **CO (Charge Output):** Steuert das Gate des **Lade-MOSFETs** (schaltet ab bei Überladung).
- **DO (Discharge Output):** Steuert das Gate des **Entlade-MOSFETs** (schaltet ab bei Unterladung oder Überstrom).
- **VM:** Erkennt, ob ein Ladegerät oder eine Last angeschlossen ist, und dient zur Verriegelung/Rücksetzung nach Schutzabschaltungen.
- **VINI:** Strommess-Pin. Hier wird der Spannungsabfall über einem externen Shunt-Widerstand (in der Minus-Leitung) gemessen, um Überstrom und Kurzschlüsse zu erkennen.
- **TOC / TOD / TEC:** Anschlüsse für **externe Kondensatoren gegen VSS**, mit denen die Verzögerungszeiten (*Delay Times*) für die Schutzfunktionen (Überladung, Überentladung, Überstrom) exakt eingestellt werden.
- **RTS / RTV:** Anschluss für einen **NTC-Thermistors** zur Temperaturüberwachung des Akkupacks.



2. Typische Beschaltung und Funktionsweise

In einer klassischen BMS-Schaltung arbeitet der CM1051 als autarker Hardware-Schutz (ohne zwingend erforderlichen Mikrocontroller):



- **Über- und Unterladungsschutz:** Der IC misst jede Zelle einzeln. Steigt eine Zelle über die Schwelle (z.B. 4,25 V bei Li-Ion), schaltet **CO** ab. Fällt eine unter z.B. 2,7 V, schaltet **DO** ab.
- **Strommessung (VINI):** Da der CM1051 ein dreistufiges Überstrom-Konzept besitzt (leichter Überstrom, schwerer Überstrom, Kurzschluss), reagiert er je nach Spannungsabfall am Shunt unterschiedlich schnell, um Fehlkapselungen bei kurzen Anlaufströmen (z.B. von Motoren) zu verhindern.
- **Drahtbruch-Erkennung (Cell-Disconnection Protection):** Sollte sich während des Betriebs oder Ladens eine der Balancer-Leitungen (VC1–VC4) von den Zellen lösen, sperrt der CM1051 sofort alle MOSFETs, um unkontrollierte Zustände zu verhindern.

3. Wichtige Design-Hinweise für Ihr PCB-Layout

1. **Varianten beachten:** Achten Sie exakt auf das Suffix Ihres Chips. Die Baureihe **CM1051-DS/DT** ist für normale Lithium-Ionen-Akkus (z.B. 4,2 V bis 4,25 V Ladeschlussspannung) ausgelegt, während andere Suffixe (wie -GS) für LiFePO4 (3,65 V) optimiert sind.
2. **Shunt-Leitungen (VINI):** Die Leiterbahnen vom Shunt-Widerstand zum Pin VINI und VSS sollten als *Kelvin-Verbindung* ausgeführt sein (direkt am Shunt abgreifen, gleiche Länge, dicht beieinander), um Messfehler durch hohe Ströme auf der Platine zu vermeiden.
3. **Kein aktiver Balancer:** Der CM1051 ist primär ein **Schutz-IC**. Für ein vollständiges BMS mit hohem Zellausgleich empfiehlt es sich, eine passive Balancing-Widerstandskette parallel zu schalten oder den IC mit einer dedizierten Balancer-Schaltung zu kombinieren.

Der **CM1052** von iCM ist technisch gesehen der direkte, weitgehend pin-kompatible Bruder des CM1051. Er teilt sich die exakt gleiche Pin-Belegung (SOP-16 / TSSOP-16) und das grundlegende 5S-Schutzkonzept. Ein wesentlicher Unterschied liegt häufig im internen Timing: Während beim CM1051 viele Verzögerungszeiten noch extern über Kondensatoren (TOC, TOD, TEC) definiert werden, besitzt der CM1052 oft **vollständig integrierte Fest-Verzögerungszeiten** (Delays) für Überladung und Unterladung. Lediglich das Überstrom-Timing wird gelegentlich noch über einen externen Kondensator an Pin 10 (TEC) angepasst.

Um eine vorhandene CM1052-BMS-Schaltung systematisch zu prüfen, zu messen und zu analysieren, gehen Sie am besten in folgenden vier Phasen vor.

1. Optische Prüfung & statische Verifikation (Stromlos)

Bevor Spannung angelegt wird, sollten die kritischen Pfade der Leiterplatte überprüft werden:

- **Der Shunt-Pfad (VINI):** Lokalisieren Sie den Strommess-Shunt (meist ein großer SMD-Widerstand im $m\Omega$ -Bereich nahe B- / P-). Prüfen Sie, ob die Zuleitungen zum Pin **VINI** und **VSS** direkt am Shunt abgegriffen werden (*Kelvin-Verbindung*). Schlechte Lötstellen oder dünne, lange Zuleitungen verfälschen hier sofort die Überstromabschaltung.
 - **RC-Filter der Zellüberwachung:** An den Pins **VCC**, **VC1**, **VC2**, **VC3**, **VC4**, **VC5** müssen kleine Filterwiderstände (meist $100\ m\Omega$) und Kondensatoren ($0,1\ mF$) gegen Masse/VSS liegen. Fehlen diese oder sind beschädigt, bringen EMV-Störungen den IC zum unbegründeten Abschalten. [4]
 - **MOSFET-Ansteuerung:** Verfolgen Sie die Bahnen von **CO** und **DO** zu den Gates der Lade- und Entlade-FETs. Suchen Sie nach Gate-Widerständen (typischerweise im Bereich $1\ k\Omega$ bis $10\ k\Omega$) und schützenden Zener-Dioden.
-

2. Signalmessungen im Normalbetrieb (Batterie angeschlossen)

Verbinden Sie die Schaltung mit dem Akkupack (oder einem simulierten Pack aus Netzteilen). Messen Sie mit einem Multimeter direkt an den IC-Pins gegen **VSS (Pin 7)**:

Pin Name	Zu erwartender Messwert im Gut-Zustand	Bedeutung
VCC (Pin 1)	Volle Akkupack-Spannung ($\sim 15\ V$ – $21\ V$ bei Li-Ion)	Hauptstromversorgung des ICs
VC1 bis VC5	Abgestufte Zellspannungen (z.B. VC1=16.8V, VC2=12.6V, VC3=8.4V...)	Einzelne Zellpotenziale für die Überwachung

DO (Pin 14)	HIGH (Spannung nahe VCC oder interner Reglerspannung, z.B. >10V)	Entlade-MOSFET ist durchgeschaltet / freigegeben
CO (Pin 15)	HIGH (Spannung nahe VCC oder interner Reglerspannung, z.B. >10V)	Lade-MOSFET ist durchgeschaltet / freigegeben
VINI (Pin 13)	0 V (im Leerlauf)	Strommessung. Ein Wert >25mV deutet auf einen Fehler oder hohen Stromfluss hin.
VM (Pin 16)	0 V (nahe VSS im Normalbetrieb)	Überwachung von Last/Ladegerät.

Analyse-Tipp: Sind alle Zellen im grünen Bereich (z.B. 3,7 V), aber **DO** oder **CO** bleiben auf **0 V (LOW)**, liegt entweder eine Schutzverriegelung vor, ein Drahtbruch (Cell-Disconnection) an einem VC-Pin oder der IC ist defekt. [4, 8]

3. Funktionsanalyse & Fehlersimulation (Sicherheitstests)

Um zu prüfen, ob die Schutzmechanismen greifen, greift man in der Laborpraxis zu kontrollierten Manipulationen (idealerweise mit einem regelbaren Labornetzteil anstelle echter, gefährlicher Akkus):

- **Unterladungstest (UVLO):** Senken Sie die Spannung an *einem* der VC-Eingänge (z.B. über ein Potentiometer) unter **2,7 V** (bzw. den Wert laut Suffix).
 - *Ergebnis:* Nach einer kurzen Verzögerungszeit muss **DO** sofort auf **0 V** abfallen. [1, 8]
- **Überladungstest (OVLO):** Erhöhen Sie die Spannung an einem VC-Eingang über **4,25 V**.
 - *Ergebnis:* **CO** muss auf **0 V** abfallen, während DO aktiv bleibt. [1, 8]
- **Drahtbrucherkenkung:** Trennen Sie im laufenden Betrieb vorsichtig eine der Überwachungsleitungen (z.B. VC3).
 - *Ergebnis:* Der CM1052 muss dies sofort als Fehler werten und beide Ausgänge (**CO & DO**) sperren.
- **Temperaturschutz (RTS / RTV):** Messen Sie die Spannung am Pin **RTS**. Verändern Sie den Widerstand des dort angeschlossenen NTCs künstlich (z.B. mit Kältespray oder durch parallelschalten eines Dekadenwiderstands). Der IC muss bei Über- oder Untertemperatur abschalten.

4. Häufige Fehlerbilder bei CM1052-Schaltungen

Wenn Sie die Schaltung analysieren, weil sie defekt ist, stoßen Sie meist auf eines dieser drei Probleme:

1. **Gesperrtes BMS nach Tiefentladung:** Hat der IC einmal wegen Unterladung abgeschaltet (DO = LOW), verriegelt der Pin **VM** oft den Zustand. Erst wenn eine Ladespannung an P+/P- angelegt wird, die den VM-Pin hochzieht bzw. die Last trennt, schaltet der IC wieder frei.
2. **Durchgebrannte MOSFETs:** Häufig ist nicht der CM1052 defekt, sondern die Leistungs-MOSFETs haben einen internen Kurzschluss (Gate-Source-Schluss). Messen Sie die MOSFETs im stromlosen Zustand mit dem Diodenprüfer durch.
3. **Asymmetrischer Drift:** Da der CM1052 kein balanciertes BMS erzwingt, driften die Zellen mit der Zeit auseinander. Misst der IC an *einer* Zelle 4,25 V (voll), schaltet er das Laden ab, selbst wenn die anderen vier Zellen erst bei 3,8 V stehen. Das Pack wirkt dann "schwach".

Für den **CM1052-DS** von iCM gelten die für klassische Kobalt-basierte Lithium-Ionen-Zellen (z.B. LiCoO₂, NCM, NCA mit 4,2 V Nennspannung) typischen Werksschwellen. Das Suffix **"-DS"** definiert dabei das spezifische Spannungsprofil, während andere Suffixe (wie z.B. -GS) für LiFePO₄-Zellen ausgelegt sind.

Die exakten Spannungsschwellen und Parameter für den **CM1052-DS** lauten:

1. Spannungsüberwachung (Zellebene)

- **Überladungsschutz-Spannung (V_{OV}): 4,250 V (± 25 mV)**
(Schaltet den Lade-MOSFET ab, wenn eine Zelle diesen Wert überschreitet)
- **Überladung-Freigabespannung (V_{OVr}): 4,150 V (± 50 mV)**
(Gibt den Lade-Pfad erst wieder frei, wenn die betroffene Zelle unter diesen Wert sinkt) [4]
- **Überentladungsschutz-Spannung (V_{UV}): 2,700 V (± 80 mV)**
(Schaltet den Entlade-MOSFET ab, wenn eine Zelle diesen Wert unterschreitet)
- **Überentladung-Freigabespannung (V_{UVr}): 3,000 V (± 100 mV)**
(Gibt den Entlade-Pfad frei, sobald die Zellspannung wieder über diesen Schwellenwert steigt)

2. Strom- und Kurzschlusserkennung (über Pin VINI)

Der Chip misst den Spannungsabfall über dem externen Shunt-Widerstand gegen VSS:

- **Entlade-Überstromschutzkriterium 1 (V_{DOT1}): 0,100 V (100 mV)**
(Typischer Schwellenwert für leichten, länger anhaltenden Überstrom)
- **Entlade-Überstromschutzkriterium 2 (V_{DOT2}): 0,200 V (200 mV)**
(Schwerer Überstrom, löst deutlich schneller aus)
- **Kurzschlusschutz-Spannung (V_{SHORT}): 0,400 V bis 0,500 V**
(Sofortige Abschaltung im µs-Bereich bei extremem Stromfluss)

3. Integrierte Zeitverzögerungen (Delays)

Ein Hauptmerkmal der CM1052-Serie gegenüber dem CM1051 ist, dass die meisten Verzögerungszeiten **fest im IC einprogrammiert** sind:

- Die Delays für **Überladung** und **Unterladung** sind fest integriert und erfordern keine externen Kondensatoren mehr an den Pins TOC und TOD

- Die Verzögerung für den **Überstrom** lässt sich weiterhin individuell über einen externen Kondensator am Pin **TEC (Pin 10)** anpassen, um den Einschaltstrom von Elektrowerkzeugen oder Motoren zu tolerieren.

Um zu berechnen, bei wie viel Ampere das BMS tatsächlich abschaltet, nutzen wir das **Ohmsche Gesetz**. Der **CM1052-DS** nutzt den Spannungsabfall am Shunt-Widerstand (R_{Shunt}), um den Stromfluss zu messen.

Beim **CM1052-DS** liegt die feste Schwelle für den einfachen Überstrom (V_{DOT1}) bei exakt **0,100 V (100 mV)**.

Die Berechnungsformel

Der Abschaltstrom ($I_{Abschalt}$) errechnet sich aus der Schwellenspannung geteilt durch den Wert Ihres Shunt-Widerstands in Ohm:

$$I_{Abschalt} = \frac{V_{DOT1}}{R_{Shunt}} = \frac{0,100\text{ V}}{R_{Shunt}}$$

Typische Berechnungsbeispiele

Da Shunt-Widerstände auf BMS-Platinen meistens im Milliohm-Bereich liegen, verschiebt sich die Kommastelle entsprechend. Hier sind drei typische Beispiele:

Wert des Shunt-Widerstands (R_{Shunt})	Formel / Rechnung	Tatsächlicher Abschaltstrom
10 mΩ (0,010 Ω)	0,100V / 0,010 Ω	10 Ampere
5 m Ω (0,005 Ω)	0,100V / 0,005 Ω	20 Ampere
2 m Ω (0,002 Ω)	0,100V / 0,002 Ω	50 Ampere

Hinweis zur zweiten Stufe: Sollte der Strom schlagartig extrem hochschießen, greift die zweite Überstromstufe ($V_{DOT2} = 0,200\text{V}$). Bei einem 5 mΩ Shunt würde das BMS dann nach einer deutlich kürzeren Verzögerungszeit bei **40 Ampere** dichtmachen.

Wenn Sie den genauen Wert ermitteln möchten, schauen Sie nach der **Aufschrift auf dem Shunt-Widerstand** (z.B. „R005“ für 5 mΩ oder „R002“ für 2 mΩ) oder messen Sie ihn aus.