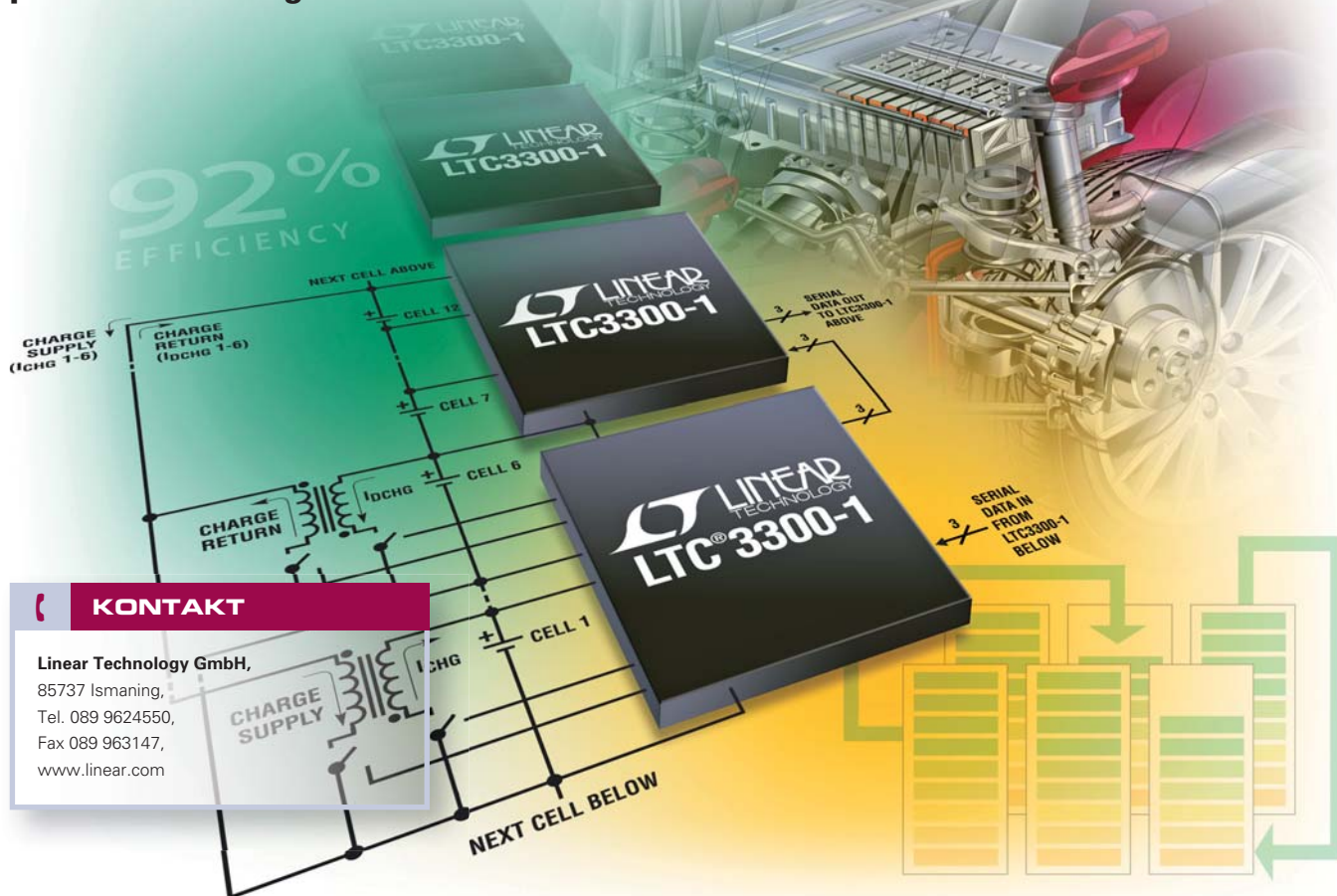


**WARUM EINE PRÄZISE ZELLENMESSUNG
FÜR DAS AKKU-MANAGEMENT ENTSCHEIDEND IST**

Mehr Energie aus der Batterie

Die aktuelle Generation an Elektroautos verwendet Lithiumionen-Akkupacks, die zwischen 16 und 53 kWh Energie enthalten. Ein einziger Liter Superbenzin liefert im Vergleich dazu bereits etwa 8,8 kWh. Für jedes Elektro- oder Hybridfahrzeug und für jedes Hochleistungsbatteriesystem, das mit Verbrennungsmotoren konkurriert, bedeutet dies, dass alle vorhandene Energie so effizient wie nur möglich genutzt werden muss. Dazu bedarf es eines sorgfältigen Monitorings einer jeden Zelle und deren präziser Steuerung.



KONTAKT

Linear Technology GmbH,
85737 Ismaning,
Tel. 089 9624550,
Fax 089 963147,
www.linear.com

GREG ZIMMER

Hochleistungsbatteriepacks bestehen aus Strängen in Reihe geschalteter Zellen. An jede Zelle ist ein Batteriemonitor-IC angeschlossen,

der für die präzise Messung der Zellen-spannung zuständig ist. Das ist keine einfache Aufgabe, da die Zellen entlang des Hochspannungsstrangs positioniert sind und hohen Spannungsspiques sowie starker EMI ausgesetzt sind. Ein Batterie-

managementsystem (BMS) kombiniert die Messung von Zellen-spannung, Strom, Temperatur und Betriebsablauf, um die Bedingungen für jede Zelle zu beurteilen. Ein präzises Monitoring und eine genaue Steuerung können Reichweite, Zuverlässig-

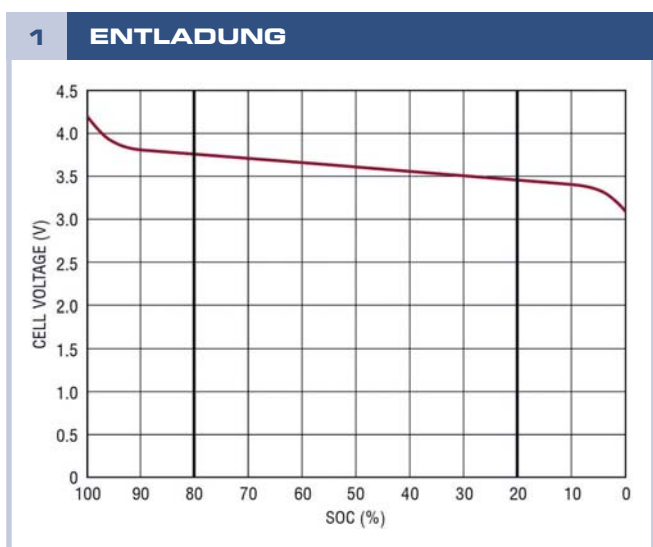


Bild 1. Die flache Entladekurve über dem Betriebsbereich zeigt, dass die SoC-Kalkulation die präzise Erfassung kleinster Änderungen der Zellenspannung erfordert

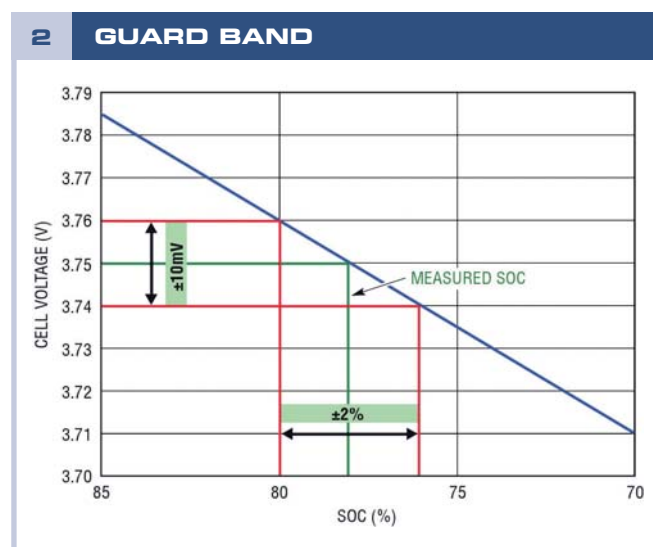


Bild 2. Anforderung an die Schutzzone für einen Zellenmessfehler von ±10 mV

sicherheit und Sicherheit des Batteriepacks maximieren.

Die Akkus in Hybrid- oder Elektrofahrzeugen sollen zehn bis 15 Jahre halten und am Ende ihrer Lebensdauer noch immer über 80 Prozent der Ausgangskapazität verfügen. Batteriebensdauer und Zuverlässigkeit lassen sich verbessern, indem man sowohl eine volle Ladung als auch eine vollständige Entladung vermeidet. Ein typisches Batteriepack wird in einem begrenzten Ladezustand (State-of-Charge, SoC) betrieben, etwa zwischen 20 und 80 Prozent. Man nutzt also nur etwa 60 Prozent der Kapazität. Die Herausforderung für das BMS ist, dass jede Zelle an ihren Grenzen betrieben werden soll – und ohne diese zu überschreiten. Dies wird noch verschärft, da Lithiumionenbatterien eine flache Entladekurve über dem Betriebsbereich aufweisen: Somit müssen zur SoC-Kalkulation kleinste Änderungen der Zellenspannung sehr präzise erfasst werden.

Die vereinfachte Entladekurve einer Lithiumzelle in **Bild 1** verdeutlicht, wie wichtig eine genaue Zellenspannungsmessung ist. Die Kurve zeigt einen konstanten 5-mV/Prozent- (SoC-) Abfall über dem Betriebsbereich. Bei einem Batteriepack mit einem SoC von 20 bis 80 Prozent und vergleichbarer Entladecharakteristik hat eine ungenaue Messung der Zellenspannung beträchtliche Auswirkungen.

Hat der Batteriemonitor wie in **Bild 2** einen Messfehler von ±10 mV, ergibt sich bei einer Zellenspannung von 3,75 V eine real gemessene Spannung von 3,74 V und 3,76 V. Das entspricht einem aktu-

ellen SoC von 76 bis 80 Prozent. Als Ergebnis der Messungenauigkeit muss der Betriebsbereich um eine Schutzzone (ein so genanntes Guard Band) eingeschränkt werden, die sicherstellt, dass man die Betriebsgrenzen nicht überschreitet. In diesem Beispiel ist der Betriebsbereich auf die gemessenen 22 bis 78 Prozent einzuschränken. Soll mit dem Batteriepack dieselbe Reichweite erzielt werden wie bei 20 bis 80 Prozent SoC, so sind zusätzliche Zellen und somit ein deutlich teureres Batteriepack nötig, um die Einschränkungen durch die Schutzzone zu kompensieren. Wie **Bild 3** zeigt, erfordert ein BMS mit nur einem Prozent Messfehler sogar dann zusätzliche Zellen, wenn man sich

mit einem nutzbaren SoC zwischen 25 und 75 zufrieden gibt.

Im Batteriepack die Balance halten

Beinahe alle Lithiumzellen werden vor der Auslieferung ausbalanciert; die SoC eines langen Strangs von Zellen werden aber dennoch mit der Zeit und über die Ladezyklen hinweg voneinander abweichen. Die Ursache dafür sind kleine Variationen der Zellencharakteristik und lokale Betriebsbedingungen, welche zu Unterschieden in der Selbstentladung und beim Ladestrom führen. Um zu verhindern, dass man eine Zelle außerhalb der

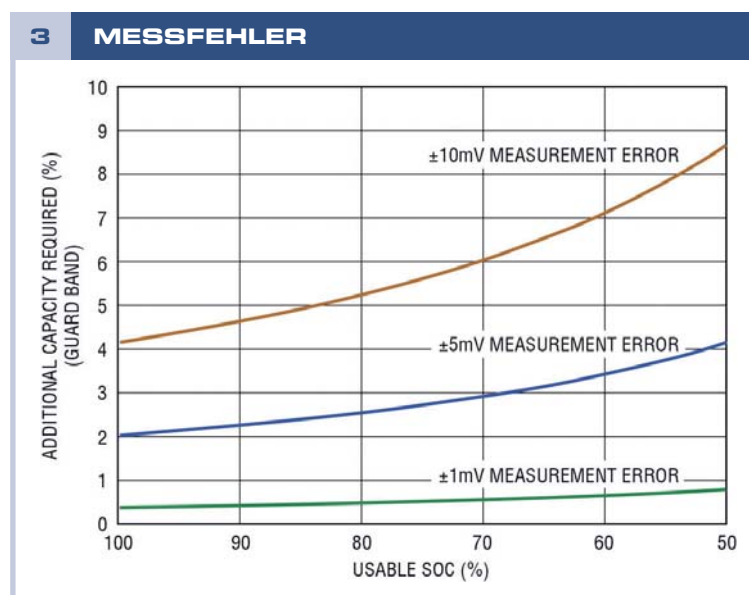


Bild 3. Abhängigkeit der erforderlichen Schutzzone vom Zellenmessfehler

4 ZELLENAUSGLEICH

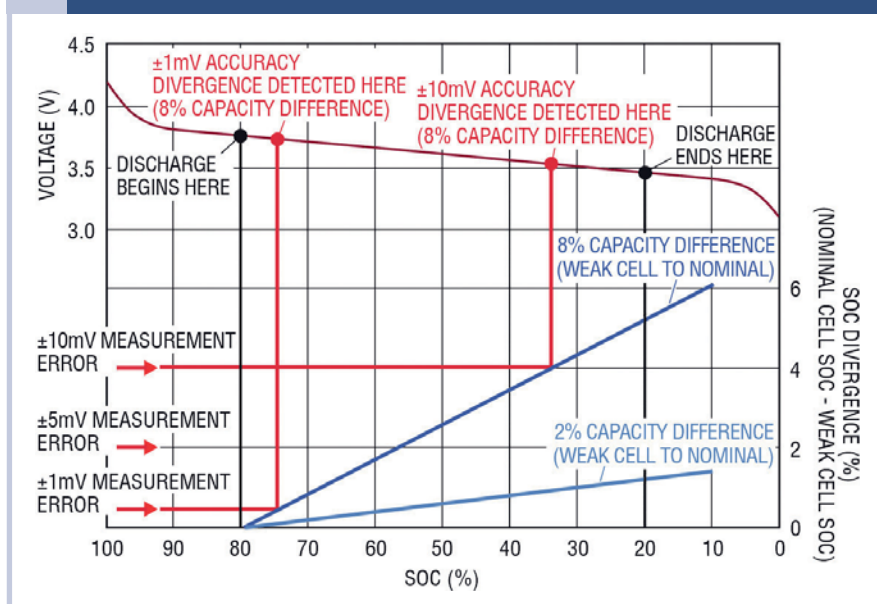


Bild 4. Erkante Differenz in der Zellenkapazität in Abhängigkeit von der Messgenauigkeit

vorgegebenen SoC-Grenzen betreibt, wird der Gesamtbetriebsbereich durch die am geringsten balancierte Zelle langsam eingeengt. Um dies zu verhindern, verfügen nahezu alle Batteriemanagementsysteme über einen passiven oder aktiven Zellenausgleich (Balancing, siehe **i-Kasten**). Grundsätzlich sollte dieser aktiviert werden, wenn die Zellen die SoC-Grenzen erreichen. Ein aktiver Ausgleich kann aber auch sonst den Wirkungsgrad verbessern, wobei ein Batteriepack, das deutlich innerhalb der SoC-Grenzen bleibt, weniger aktiven Zellenausgleich benötigt als eines, das nahe an den Grenzen betrieben wird.

Enthält beispielsweise ein Pack viele gleich starke Zellen und eine schwache mit geringerer Kapazität, so wird, wenn alle Zellen auf 80 Prozent SoC sind und dann entladen werden, der SoC der schwachen Zelle langsam immer mehr von den anderen abweichen. Das BMS muss einen brauchbaren Punkt festlegen, bei dem das Balancing die schwache Zelle weiter einsatzbereit hält, während die restlichen Zellen weiter entladen werden. **Bild 4** verdeutlicht die SoC-Unterschiede während des Entladezyklus an zwei Beispielen: Eines zeigt eine Zelle mit 2 Prozent Kapazitätsdifferenz zum Rest des Pakets; ein anderes 8 Prozent. Der Zellenmessfehler des BMS setzt eine Grenze bei der Bestimmung der relativen Unterschiede zwischen den Zellen. Bei einem SoC-Messfehler von ± 2 Prozent (± 10 mV) werden Balancierungsunterschiede von 4 Prozent erreicht, bevor die Zellen-

DER AUTOR

GREG ZIMMER
ist Senior Product Marketing Engineer, Signal Conditioning Products, bei Linear Technology.



messung die Situation erkennt. Ein aktives Balancing an einem definierten Punkt entlang der Entladekurve ist ohne eine Genauigkeit der Zellenmessung von viel besser als ± 10 mV nicht möglich.

Der Messfehler wird hauptsächlich von der Spannungsreferenz im Batteriemonitor bestimmt; jede Veränderung der Spannungsreferenz setzt die Genauigkeit der Zellenmessung herab. Auch die Stromerzeugung der Batteriemonitore hängt von den Spannungsreferenzen ab. Theoretisch sind so genannte Bandab-

i WISSENSWERT

Zell-Balancing: aktiv oder passiv? Beim passiven Balancing werden Zellen mit hohem SoC entladen, um den SoC für alle restlichen Zellen zu normalisieren. Das ist eine preiswerte und einfache Lösung, die jedoch ihre Grenzen hat: Der passive Ausgleich arbeitet nur mittels Entladung, wobei elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird; er sollte sich daher auf 5 Prozent der Zellenkapazität oder weniger beschränken. Somit ist passives Balancing primär auf den Offlinebetrieb beschränkt und benötigt relativ lange Zeit. Es wird umso weniger effizient, je stärker der SoC variiert. Um diese Einschränkungen zu überwinden, nutzen moderne BMS einen aktiven Ausgleich.

Beim aktiven Balancing wird Ladung zwischen den Zellen transportiert; es ist während der Lade- und Entladezyklen wirksam: Beim Laden kann der aktive Ausgleich Ladung von einer schwächeren Zelle zu einer stärkeren befördern. Beim Entladen dagegen kann die stärkere Zelle die schwächere unterstützen. Das Übertragen der Ladung erfolgt mithilfe einer hocheffizienten Schaltung, etwa eines Flyback-Wandlers. Dieses Prinzip reduziert – im Vergleich zur passiven Methode – die Wärmeerzeugung, vergrößert den Ausgleichsstrom und verkürzt die fürs Ausbalancieren notwendige Zeit deutlich. Ein aktiver Ausgleich ist im Betrieb möglich, wobei sichergestellt wird, dass aus jeder Zelle die maximale Ladung entnommen wird. Neue ICs wie Linear Technologys „LTC3300“ und „LT8584“ bieten ein aktives Balancing für Automobil-Batteriepacks.

i FAZIT

Hier ist Präzision gefragt. Bei der Bestimmung des Ladungszustands der Zellen eines Akkupacks kommt dem Messfehler eine entscheidende Bedeutung zu. Schon Ungenauigkeiten von ± 10 mV behindern den aktiven Ladungsausgleich und können zusätzliche Zellen erforderlich machen und den Preis des Akkupacks signifikant erhöhen. Die Genauigkeit der Zellmessung hängt wiederum von der Spannungsreferenz des Batteriemonitors ab. Der Baustein LTC6804 von Linear Technology enthält eine Zener-Spannungsreferenz und kann einen Gesamt-messfehler von weniger als 1,2 mV erreichen.

setron

COOKING WITH LTSPICE RELOADED

Featuring
Mike Engelhardt



LTspice™ IV Workshops



Teilnahme
kostenlos

16.09.2013	Hamburg
18.09.2013	Danzig
19.09.2013	Berlin
20.09.2013	Dresden
23.09.2013	Prag
24.09.2013	Nürnberg
26.09.2013	München
27.09.2013	Stuttgart
30.09.2013	Frankfurt

Melden Sie sich an unter
www.setron.de

standsreferenzen für die Integration in komplexe ICs wie Batteriestackmonitore gut geeignet, da sie nur wenig Platz, Leistung und zusätzliche Spannung beanspruchen. Sie sind aber empfindlich gegen mechanische Spannungen, IR-Reflow-Löten und Feuchtigkeit, was zu thermischer Hysterese und Langzeitdrift führt.

Für Messzwecke, die eine hohe Genauigkeit über mehr als 15 Jahre hinweg fordern, gibt es eine bessere Lösung: Neueste Batterimonitore, wie der „LTC6804“ von Linear Technology, enthalten eine Zener-Spannungsreferenz. Sie sind unter allen Betriebsbedingungen sehr langzeitstabil und

-genau. Mithilfe des LTC6804 lässt sich bei der Zellenmessung ein Gesamtmessfehler von weniger als 1,2 mV erzielen.

Rauschunterdrückung inklusive

Die Genauigkeit des Batterimonitors ist aber nicht auf die Genauigkeit der Zellmessung alleine begrenzt. Im Zusammenhang mit Automobilen ist die Messung der Zellen beeinflusst durch elektrisches Rauschen und Transienten von Bauteilen wie Invertern, Aktoren, Schaltern oder Relais. Eine praktische und effiziente Rauschunterdrückung bietet

der Batteriemonitor selbst. beispielsweise verwendet der „LTC6804“ Delta-Sigma-A/D-Wandler mit eingebauten Rauschfiltern dritter Ordnung. Um Geschwindigkeit und Rauschunterdrückung zu optimieren, können diese mit verschiedenen Eckfrequenzen von 27 kHz bis 26 Hz arbeiten. Für den Einsatz im Automobil ist dieser Ansatz eine sehr effiziente Lösung. (ml)

ONLINE-SERVICE

- Datenblatt zum Batteriemonitor LTC6804

www.EL-info.de

825201

IGBT-Treiber unterstützen funktionale Sicherheit in Hybridfahrzeugen

■ Für Antriebsumrichter in Hybrid- und Elektrofahrzeugen bringt **Infineon** zwei neue Hochspannungs-IGBT-Gate-Treiber auf den Markt. Damit lassen sich laut Hersteller Antriebssysteme entsprechend den Anforderungen von ASIL C/D für die funktionale Sicherheit (ISO 26262) schneller und kostengünstiger entwickeln als bisher. Die gemäß AEC Q100 qualifizierten Treiber-ICs **EiceDriver SIL** (1EDI-2001AS) und **EiceDriver**

Boost (1EBN1001AE) verfügen über galvanische Isolation und bidirektionale Signalübertragung. Zudem bieten sie einen aktiven Kurzschlusschutz und ermöglichen eine weitere Optimierung des IGBT-Schaltverhaltens. Der EiceDriver SIL ist ein Gate-Treiber für Motorantriebe mit bis zu 120 kW Leistung. Zur Steuerung und Diagnose verfügt er über eine SPI-Schnittstelle mit bis zu 2 MBd Übertragungsrate. Um auf Systemebene die Anforderungen an die funktionale

Sicherheit zu erfüllen, sind sicherheitsrelevante Funktionen implementiert. Dazu zählen eine Überstromüberwachung sowie eine Laufzeitüberwachung für Stromversorgungen, Oszillatoren, Gate-Signale und die Ausgangsstufe. Ein Verifizierungsmodus erlaubt die Diagnose auf Systemebene. Hochspannungsseitig ist der Baustein so dimensioniert, dass er eine externe Verstärkerstufe treiben kann. Beim EiceDriver Boost handelt es sich um einen einkanalen Boost-Treiber, der mit dem EiceDriver SIL kompatibel ist. Durch sein thermisch optimiertes Gehäuse eignet er sich für Ströme bis 15 A. Erste Muster der beiden IGBT-Treiber sind verfügbar. Die Bemusterung mit dem Serienprodukt soll im Dezember 2013 beginnen. (dar)



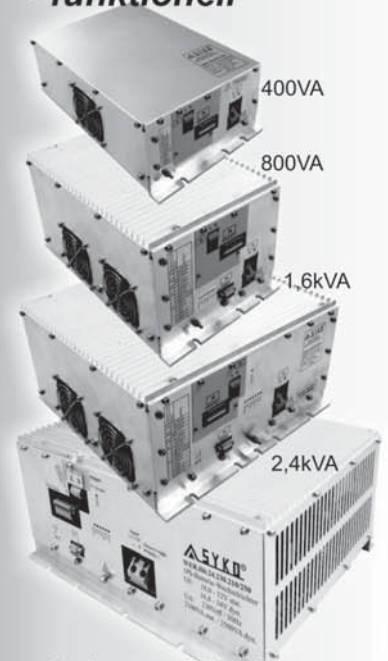
Der EiceDriver SIL ist im PG-DSO-36-Gehäuse untergebracht, der EiceDriver Boost im PG-DSO-14-Gehäuse



Leistungselektronik
Zu Lande, zu Wasser, in der Luft

1Ph/3Ph Sinus-Wechselrichter

- an 24/36/72/110V
- 400 - 3000 VA
- zuverlässig
- hochwertig
- funktionell



- Bahnapplikationen
- Klimatisierung
- Lüfteranwendungen
- Druckluftherzeugung
- Systemversorgung
- Service-Steckdosen



SYKO GmbH D-63533 Mainhausen
Tel: +49(0)6182/9352-0 Fax: -15

www.syko.de
info@syko.de