



Die Entwicklung der Funktionen von den Anfängen bis zur Gegenwart.

Hallo, ich bin Akihiko Fujiwara aus der Abteilung für Produktstrategie/-planung, Geschäftsstrategie/-planung. Ich arbeite bei Nisshinbo Micro Devices als Produktplaner und Designer unserer Li-Ionen-Akkuschutz-ICs seit den 1990er Jahren, den Anfängen der Sekundären Li-Ionen-Batteriesysteme.

Als ich gebeten wurde, spezielle Inhalte für unsere Website zu erstellen, beschloss ich, Kolumnen zu schreiben, die sich mit Li-Ionen-Akkuschutz-ICs befassen. Daher werde ich ab Juni 2021 eine Reihe von Kolumnen veröffentlichen. Ich wünsche Ihnen viel Spaß mit dieser Serie.

Die japanische Gesellschaft hat eine Initiative zur Verwirklichung der Kohlenstoffneutralität bis zum Jahr 2050 gestartet, und um dieses Ziel zu erreichen, ist die Technologie der erneuerbaren Energien wichtiger denn je geworden. Es wäre nicht übertrieben zu behaupten, dass der Schlüssel zum erfolgreichen Aufbau einer mit erneuerbaren Energien betriebenen Gesellschaft in der Entwicklung der Akkutechnologie liegt, insbesondere der Li-Ionen-Akkutechnologie. Obwohl es heute üblich ist, Li-Ionen-Akkus als Sekundärelement zu verwenden, sind Akku-Schutz-ICs, die im Hintergrund arbeiten, um die Sicherheit und die optimale Leistung dieser Akkus zu gewährleisten, nach wie vor unerlässlich.

Im ersten Teil dieser Serie mit dem Titel "Geschichte der Li-Ionen-Batterieschutz-ICs (1. Hälfte)" werde ich über die Veränderungen, den Fortschritt und die Entwicklung der Funktionalität von Li-Ionen-Akkuschutz-ICs berichten. Zwei Jahre, bevor ich mit dem Schreiben dieses Artikels begann, hatte ich bereits eine andere Kolumne mit dem Titel "Werden Li-Ionen-Batterieschutz-ICs niemals aussterben" auf unserer Website veröffentlicht. Einige der Themen in dieser neuen Kolumne wurden vielleicht schon in der vorherigen Kolumne angesprochen. Wenn dem so ist, werde ich versuchen sie ausführlicher zu erklären.

Vergleich und Entwicklung der Funktionen

Der RS5VG, unser erster Schutz-IC, der 1995 entwickelt wurde, hatte nur drei Funktionen: Überladungserkennung, Überentladungserkennung und Entladungsüberstromerkennung (damals Kurzschlusserkennung genannt). Bemerkenswert ist die Einstellung der Verzögerungszeit. Während die Verzögerungszeit der Überentladungserkennung mit einem externen Kondensator konfiguriert

werden konnte, war die Verzögerungszeit der Überstromerkennung für die Entladung intern auf etwa 2 ms festgelegt. Da die Überladungserkennungsfunktion jedoch keine Verzögerungsschaltung enthielt, reagierte sie auf die Erkennung der Überladung innerhalb von 20 bis 30 μ s, einer Verzögerungszeit für den Betrieb der Logikschaltung. Damals dachten wir, dass eine Überladung ein gefährlicher Zustand sei, so dass der Ladevorgang so schnell wie möglich abgeschaltet werden sollte, nachdem die Schutzfunktion eine Überladung erkannt hatte. Wir hatten jedoch Schwierigkeiten, weil diese Überladungserkennungsschaltung mit geringer Verzögerungszeit in der Bewertungsphase bei unseren Kunden große Probleme verursachte. Darüber möchte ich in folgenden Ausführungen über Fehlerbehebung sprechen.

1997 entwickelten wir einen Schutz-IC mit der Bezeichnung RN5VM, der eine Weiterentwicklung des RS5VG darstellte, indem wir die Erkenntnisse aus dem Vorgängermodell nutzten. Bei diesem Produkt konnte die Verzögerungszeit für die Überladungserkennungsfunktion mit einem externen Kondensator eingestellt werden. Außerdem wurde die Verzögerungsschaltung der Überentladungserkennung integriert, und die Überstromerkennung bei der Entladung wurde durch Hinzufügen einer Kurzschlusserkennung auf zwei Ebenen erweitert. Außerdem haben wir zwei Versionen vorbereitet, damit die Benutzer die bevorzugte Version wählen können: die Version mit erlaubter 0-V-Akkuladung oder die Version mit verbotener 0-V-Akkuladung.

Der Grund, warum jede Erkennungsfunktion eine Verzögerungszeit hat, liegt darin, Fehlfunktionen durch verschiedene Störquellen zu vermeiden. In Bezug auf die Überentladung wurde klar, dass eine Verzögerung von etwa 10 bis 20 ms ausreicht, um Fehlfunktionen zu verhindern, so dass wir die Verzögerungsschaltung für die Überentladungserkennung innerhalb des Schutz-ICs konstruieren konnten. Andererseits musste die Verzögerungszeit für die Überladung je nach Betriebsbedingungen in Sekunden angegeben werden, so dass wir den Kunden die Möglichkeit gaben, die Verzögerungszeit für die Überladungserkennung mit einem externen Kondensator zu konfigurieren.

Zu dieser Zeit verwendeten einige Mobiltelefone einen Nickel-Metallhydrid-Akku, und der Ladeschaltkreis entsprach sowohl einem Li-Ionen-Akku als auch einem Nickel-Metallhydrid-Akku. Um den verwendeten Akkutyp zu erkennen, wurde für etwa zwei Sekunden eine hohe Spannung an den Schaltkreis angelegt, so dass die Überladungserkennungsfunktion eine Verzögerungszeit von etwa fünf Sekunden als typischen Wert benötigte.

Die Kurzschlusserkennungsfunktion wurde hinzugefügt, damit der IC durch Hinzufügen eines zusätzlichen Schwellenwerts innerhalb kurzer Zeit auf einen Kurzschlusszustand reagiert. Der RS5VG hatte eine Verzögerungszeit für die Erkennung von Überstrom bei der Entladung von etwa 2 Millisekunden, und wenn der Schaltkreis einen 0-Ohm-Kurzschluss hatte, würde ein großer Strom fließen und der FET könnte beschädigt werden. Wie bei der ursprünglichen Idee für die Überladungserkennungsfunktion war auch bei der Kurzschlusserkennungsfunktion keine Verzögerungsschaltung vorgesehen, um auf den Kurzschlusszustand zu reagieren, sobald er erkannt wurde.

Beim Laden von 0-V-Akkus kam es häufig zu Meinungsverschiedenheiten zwischen Akkuherstellern und Herstellern von Mobiltelefonen, die Akkus verwenden. Während die Akkuhersteller das Laden eines 0-V-Akkus verbieten wollten, weil sie Dendriten* erzeugen könnte, die einen internen Kurzschluss verursachen, wollten die Mobiltelefonhersteller auch einen auf 0 V entladenen Akku laden, da die Unfähigkeit, einen Akku zu laden, zu Beschwerden der Benutzer führen könnte. Obwohl wir für das RN5VM zum ersten Mal den Typ mit 0-V-Ladeverbot entwickelt haben, hatten die Mobiltelefonhersteller damals mehr Entscheidungsgewalt über die Wahl des Typs als die Akkuhersteller, da sie die Kunden der Akkuhersteller waren. Daher wurde häufig der Typ mit erlaubter 0-V-Ladung gewählt und der Typ mit verbotener 0-V-Ladung nur selten verwendet.

Heutzutage legen die Hersteller von Mobiltelefonen jedoch auch Wert auf Sicherheit, und der Typ "0-V-Akku-Ladeverbot" setzt sich immer mehr durch.

** Dendriten: Obwohl sich das Wort im Allgemeinen auf nadelförmige Kristalle bezieht, ist damit die nadelförmige Ablagerung von Lithiummetallkristallen gemeint. Sobald sich die Dendriten gebildet haben, können sie in den Separator eindringen, der die positiven und negativen Elektroden in einer Zelle trennt. Dies kann einen internen Kurzschluss verursachen, der im schlimmsten Fall zu einem sehr gefährlichen thermischen Durchgehen des Akkus führt.*

Der R5424N, der im Jahr 2000 auf den Markt kam, verfügte über eine neue Funktion zur Erkennung von Überstrom, und alle Verzögerungszeiten waren so konzipiert, dass sie über interne Zähler eingestellt werden konnten. Dadurch wurde der Bedarf an externen Kondensatoren, die normalerweise zur Einstellung der Verzögerungszeiten verwendet werden, verringert, was den Kunden half, die Kosten für die Schutzschaltungen zu senken. Andererseits gab es Forderungen nach einer Verbesserung der Effizienz beim Testen der Überladungserkennungs-Verzögerungszeit, die mehrere Sekunden dauerte, so dass der Schaltkreis mit einem Verzögerungsverkürzungs-Pin (DS-Pin) zum Testen der Überladungserkennungsfunktion mit verkürzter Verzögerungszeit ausgestattet wurde.

Der DS-Pin wurde beim R5401K, der 2004 auf den Markt kam, gestrichen. Stattdessen konnte der Pin, an den das negative Ende eines Ladegeräts angeschlossen war, als Testpin verwendet werden.

Beim R5472L, der 2010 auf den Markt kam, wurde die Überstromerkennungsfunktion von der herkömmlichen Methode, bei der der Durchlasswiderstand eines FETs verwendet wird, auf die Überwachung der Spannung an beiden Enden eines externen Widerstands umgestellt. Bei der herkömmlichen Methode war es schwierig, einen Überstrom genau zu erkennen, da der Einschaltwiderstand eines FET stark von der Akkuspannung und der Temperatur abhängt. Die neue Methode im R5472L erfordert zwar mehr externe Komponenten, ermöglicht aber eine hochpräzise Überstromerkennung durch Verwendung eines hochpräzisen externen Widerstands unter Berücksichtigung der Temperatureigenschaften. Seitdem hat sich der externe Widerstand allmählich als Standard durchgesetzt.

Im Jahr 2013 wurde der R5486L um eine neue Erkennungsfunktion namens Entladeüberstrom 2 erweitert. Mit der dreistufigen Entladungsüberstromerkennung einschließlich der Kurzschlusserkennung ermöglicht der R5486L eine detailliertere Erkennung von Überströmen. Die dreistufige Erkennung hat unterschiedliche Erkennungsstromwerte bzw. weitgehend unterschiedliche Verzögerungszeiten. Die Erkennungsverzögerungszeiten sind in einem zweistelligen Bereich angeordnet: Die Überstromerkennung 1 hat beispielsweise eine Verzögerung von fünf Sekunden, die Überstromerkennung 2 eine Verzögerung von zwölf Millisekunden und die Kurzschlusserkennung eine Verzögerung von zweihundertfünfzig Mikrosekunden.

Im Jahr 2016 wurde der R5611L mit einem zusätzlichen Reset-Pin zur externen Steuerung des ICs eingeführt. Wenn der Reset-Pin auf "High" gesetzt wird, können die FETs sowohl auf der Lade- als auch auf der Entladeseite abgeschaltet werden, was einen Reset des gesamten Systems ermöglicht.

Der R5441Z wurde im Jahr 2017 mit einer Temperaturerkennungsfunktion ausgestattet. Er überwacht die Temperatur mit einem externen Thermistor und kann die Steuer-FETs für das Laden und Entladen abschalten, wenn eine hohe Temperatur festgestellt wird. Darüber hinaus sind die Erkennungstemperaturen für die Lade- und Entladesteuerungs-FETs einstellbar.

Der 2019 auf den Markt gebrachte R5445Z verfügt über einen Standby-Pin als Steuerfunktion, die es ermöglicht, den Schutz-IC durch das Herunterschalten dieses Pins zwangsweise in den Standby-Modus zu schalten und so den Stromverbrauch auf nahezu Null zu reduzieren. Diese Funktion ist

hilfreich, wenn z. B. ein Akkupack nach der Herstellung lange Zeit in einem Lager gelagert wird, bis es den Endverbraucher erreicht; die Funktion verhindert, dass die Akkukapazität durch den Stromverbrauch des Schutz-ICs verringert wird. Außerdem kann der R5445Z einen externen High-Side-NMOSFET-Treiber ansteuern. Obwohl herkömmliche Ein-Zellen-Schutz-ICs üblicherweise Low-Side-FETs zum Laden und Entladen verwenden, hat die Verwendung von High-Side-FETs den Vorteil, dass die Masseleitung zwischen dem Akkupack und dem System nicht unterbrochen wird. Dies erleichtert die Kommunikation mit dem System durch Verwendung einer externen Stromversorgung, auch wenn der FET ausgeschaltet ist.

Tabelle 1 zeigt, wie sich die Funktionen von Li-Ionen-Akkuschutz-ICs verändert haben:

	1995	1997	2000	2004	2010	2013	2016	2017	2019
Product Name	RS5VC	RN5VM	R5424N	R5401K	R5472L	R5486K	R5611L	R5441Z	R5445Z
Overcharge Detection	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Overcharge Detection Delay Time	-	External C*	Internal*	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal
Overdischarge Detection	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Overdischarge Detection Delay Time	External C	Internal*	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal
Discharge Overcurrent Detection 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Discharge Overcurrent Detection Delay Time 1	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal
Discharge Overcurrent Detection 2	-	-	-	-	-	✓*	✓	-	-
Discharge Overcurrent Detection Delay Time 2	-	-	-	-	-	Internal*	Internal	-	-
Charge Overcurrent Detection	-	-	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Charge Overcurrent Detection Delay Time	-	-	Internal*	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal
Short-circuit Detection	-	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Short-circuit Detection Delay Time	-	-	Internal*	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal
FET Sense / External R Sense	FET	FET	FET	FET	External R*	External R	External R	External R	External R
0-V-battery Charge Option	Available only	Available/Unavailable*	Available/Unavailable	Available only	Unavailable only	Unavailable only	Available only	Available/Unavailable	Unavailable only
Delay Shortening Function	-	-	DS Pin*	Internal*	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal
Thermal Detection	-	-	-	-	-	-	-	High Temp Dis/charge*	High Temp Dis/charge
CTL Function	-	-	-	-	-	-	Reset*	-	Standby*
FET Control	Low Side	Low Side	Low Side	Low Side	Low Side	Low Side	Low Side	Low Side	High Side

Tabelle 1 * Neue Funktionen zurzeit in der der Entwicklung

Wie ich bereits erwähnt habe, sind in den letzten 20 Jahren verschiedene Funktionen hinzugefügt worden. Ich bin sicher, dass die Entwicklung der Funktionen weiterhin dazu beitragen wird, Li-Ionen-Akkus sicherer und effizienter zu nutzen.



Akihiko Fujiwara beschäftigt sich seit den 1990er Jahren, den Anfängen der sekundären Li-Ionen-Batterien, mit der Produktplanung und dem Design unserer Li-Ionen-Batterieschutz-ICs, was ihn in der Branche bekannt gemacht hat. Als "Experte für Schutz-ICs" widmet er sich nun dem Marketing und der Planung und gibt den Weg vor, den wir bei Schutz-ICs einschlagen sollten, indem er Informationen über die neuesten Trends bei Batterien und Schutz-ICs weltweit sammelt.

Text im Original: <https://www.nisshinbo-microdevices.co.jp/en/products/lithium-ion-battery-protection/introduction/column-01.html>

Batterieschutz ICs von Nisshinbo gibt es bei der TOPAS electronic AG

Ihrem Partner für neue Technologien und innovative Produkte.

Wir bieten technische Kundenberatung, Anwendungsunterstützung bei der Projektarbeit, Hilfe bei der Fehlersuche und bei Problemlösungen, technische Konzeptentwicklung für den Einsatz der Technologien im Kundenumfeld.

TOPAS

Components
for Solutions

+49 (0)511 968 640