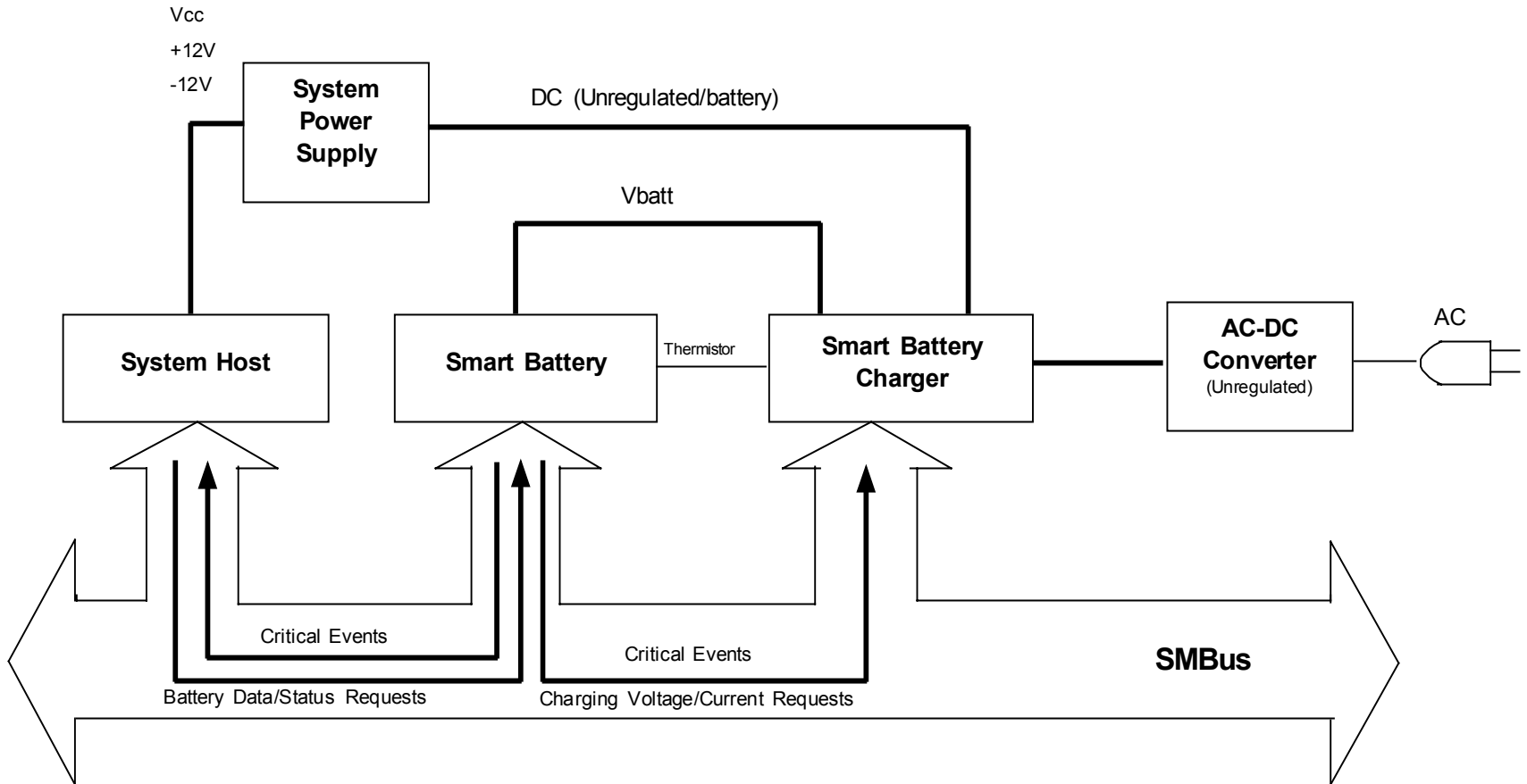


Smart Battery System 개요

Smart Batteries Modeling

Smart Batteries Modeling



Smart Batteries Modeling

- **Smart Battery Model**은 **Battery, Battery Charger** 그리고 **Host**로 구성된 하나의 **System**이다.
- **Smart Battery Charger**는 주기적으로 **Smart Battery**를 **Polling**하여 **Battery**의 **Charging** 특성에 맞게 출력을 조절하는 **Charging Circuit**이다.
또한 **Smart Battery**는 **Battery**가 **Full Charge**되고 **System**에 **AC** 전원이 연결 되어 있을 때는 **Smart Battery**가 **System**에 **Power**를 공급하는 것을 막아 **Battery**의 수명을 연장한다.
- **Smart Battery**는 어떤 문제를 검출하였을 때 **Smart Battery Charger**에 **Critical Events** (**Over Charge, Over Voltage, Over Temperature, 급작스러운 온도상승**)를 보낸다.
- **System Host**는 **Battery**에게 필요한 정보를 요청하여 그 정보를 **System Power Management**에 이용하거나 **Battery**의 현재상태와 **Capability**에 관한 정보를 **User**에게 제공하는데 사용 한다.
- **System Host**는 또한 어떤 문제 (**End Of Discharge, Threshold Value** 아래의 잔량과 잔여시간)가 검출 되었을 때 **Smart Battery**로 부터 **Critical Events**를 받아 들어서 **Smart Battery Charge**에게 경고(**Alarm**)를 보낸다.

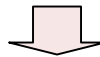
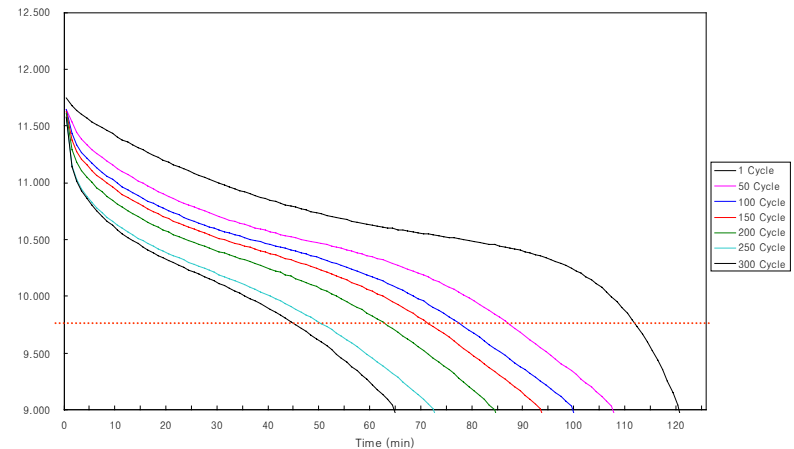
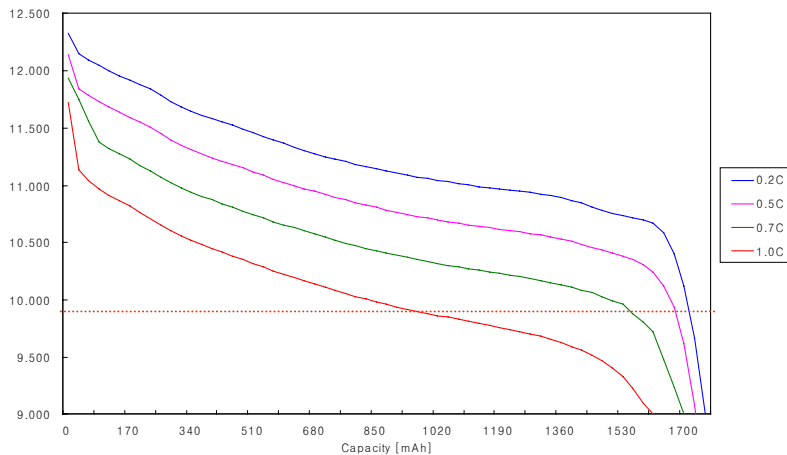
Why use Smart Battery

- **Why use Smart Battery**

- **System** : 예기치 않은 **Shutdown**을 예방하고, 정확한 **End Point** 결정에 따른 사용 시간 증가 (RSOC)
- **ACPI : Power Management**에 필요한 정보 제공
- **User** : 정확한 **Battery** 잔존용량과 사용가능 시간에 대한 정보 제공 (RSOC, Time)
- **Battery** : 효율적인 충전 관리로 수명 연장 (BatteryStatus)
- **Charger** : **Battery** 종류에 상관없이 충전 제어 (ChargingCurrent, ChargingVoltage)
- **Note PC** : **Windows Logo** 획득

Why use Smart Battery

- **Voltage**를 근거로 한 **End Point** 결정은 부적절
 - **Battery Voltage**는 **Discharge Current, Temperature, Life Cycle**, 기타 다른 요인에 의해 변화가 심하다



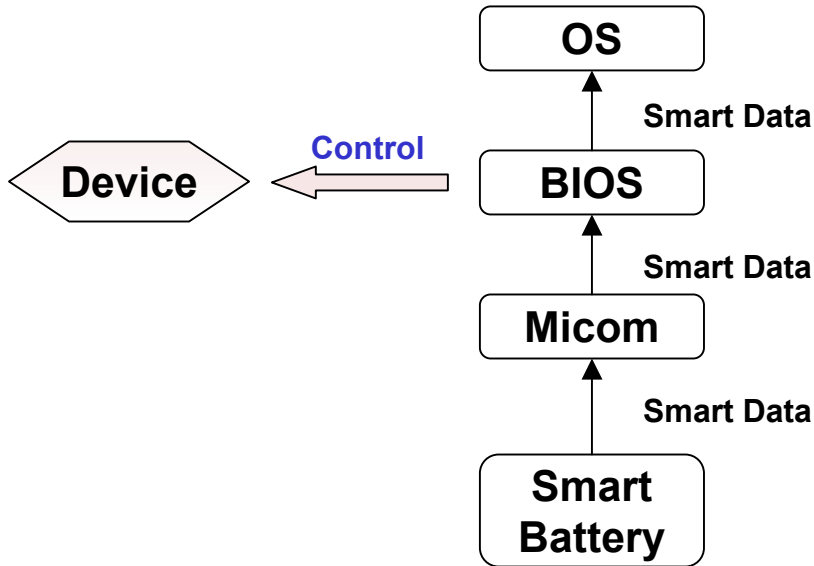
- **Smart Battery** 잔존용량에 의한 **End Point** 결정
 - 방전 종료를 단순화 하며 사용 시간 증가, 예기치 않은 **Shutdown** 예방

Why use Smart Battery

• Power Management

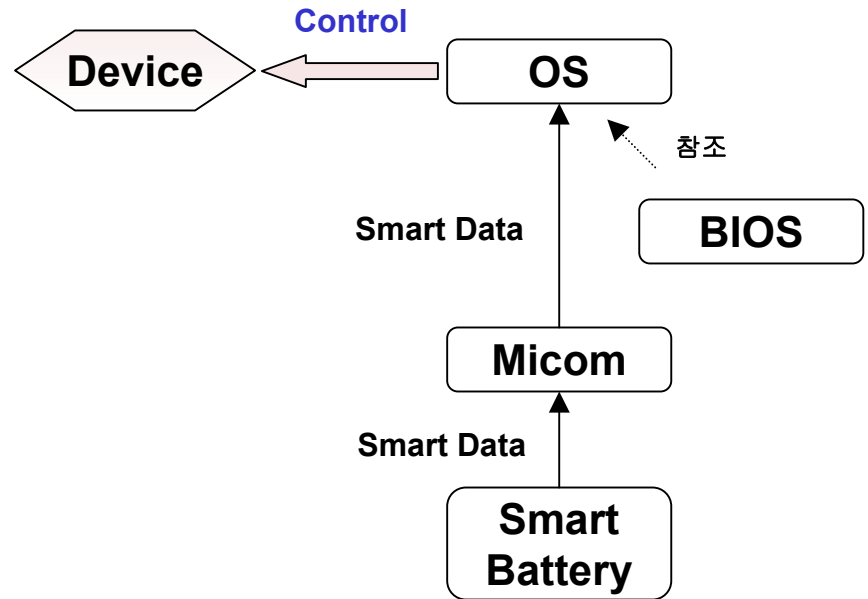
APM

(Advanced Power Management)



ACPI

(Advanced Configuration and Power Interface)



ACPI를 수행하기 위하여 반드시 Smart Battery는 OS에 아래 Data를 항상 제공해야 한다
Battery State / Battery Current / Battery Capacity / Battery Voltage

Why use Smart Battery

- **ACPI** (Advanced Configuration and Power Interface)

System 동작 상태를 **Status**로 표시

: **System** 전체의 동작 상태를 **Gx**, **CPU** 동작 상태를 **Cx**, **Sleep** 동작 상태를 **Sx**, **Device Power** 동작 상태를 **Dx**로 표시

- **System** 전체 동작 상태 : **Gx**

상태	의미	S/W 실행	Rebooting 소요 시간	소비전력	Rebooting 시 OS Booting 필요 여부
G0	Normal	가능	0	크다	없음
G1	Sleep	불가능	거의 0	작다	없음
G2	Software Off	불가능	길다	극소	있음
G3	Mechanical Off	불가능	길다	없음	있음

Why use Smart Battery

- CPU 동작 상태 : Cx (G0 가동 중 상태)

상태	C0	C1	C2	C3
Process 상태	Program Code 실행	단기적 대기 상태	대기 상태	장시간 대기 상태

- Sleep 동작 상태 : Sx (G1 Sleep 상태)

상태	설 명
S0	G0 상태와 동일. 즉 Normal 작동 상태
S1	단기적인 Sleep 상태, System의 CPU, Chip Set, Hardware 상태는 그대로 보존, S0상태로 고속 복귀
S2	S1과 동일하나, CPU와 Cache Context가 유지 안됨
S3	S1과 동일하나, System Memory 만 유지 된다. Save-to-RAM
S4	장기적인 Sleep 상태, Hardware 전원 차단 상태로 S0로 복귀 시 시간이 걸리나 소비전력이 낮다 Save-to-Disk
S5	G2 상태와 동일, Software Off상태로 S0 상태로 복귀 시 OS를 다시 Booting 하여야 함.

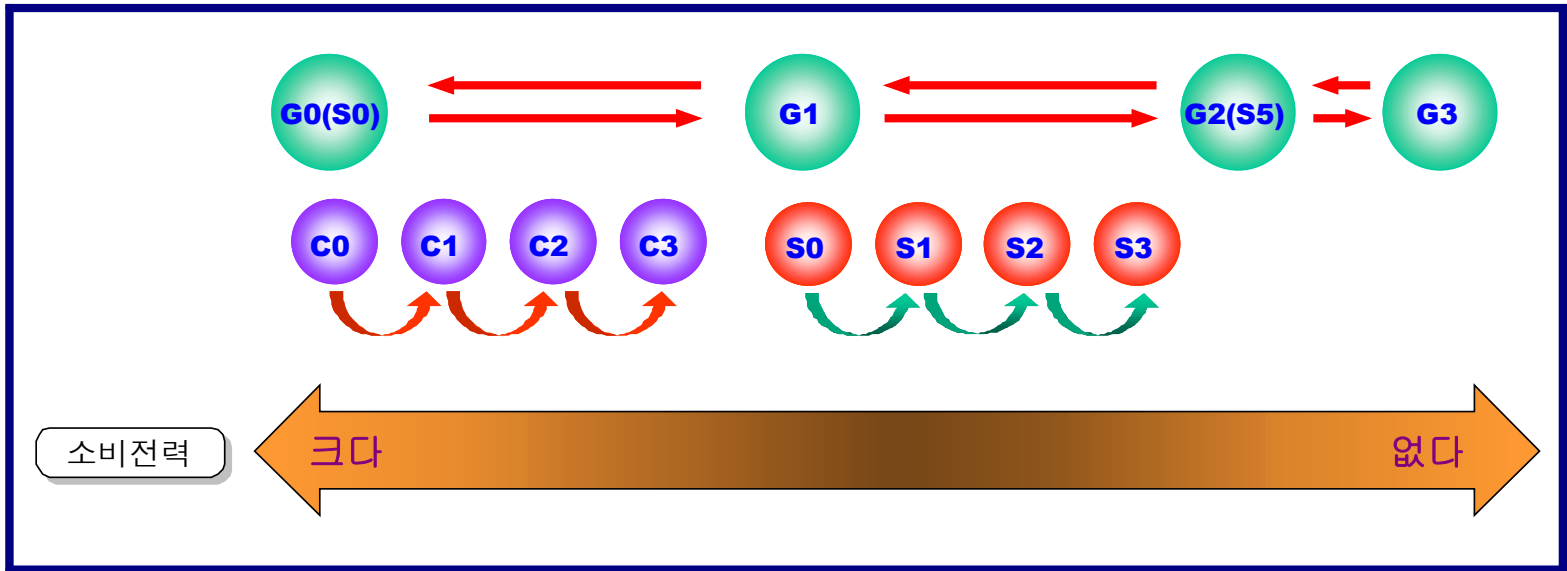
Why use Smart Battery

- Device Power 동작 상태 : Dx

상태	의미	소비 전력	장치 상황의 보존	복귀 시 장치 초기화 필요성
D0	전체 기능 On	크다	모두 보존	없음
D1	장치에 따라 다름	중간	일부 보존	장치에 따라 다름
D2	장치에 따라 다름	작다	일부 보존	장치에 따라 다름
D3	전체 기능 Off	0	전부 보존하지 않음	있다

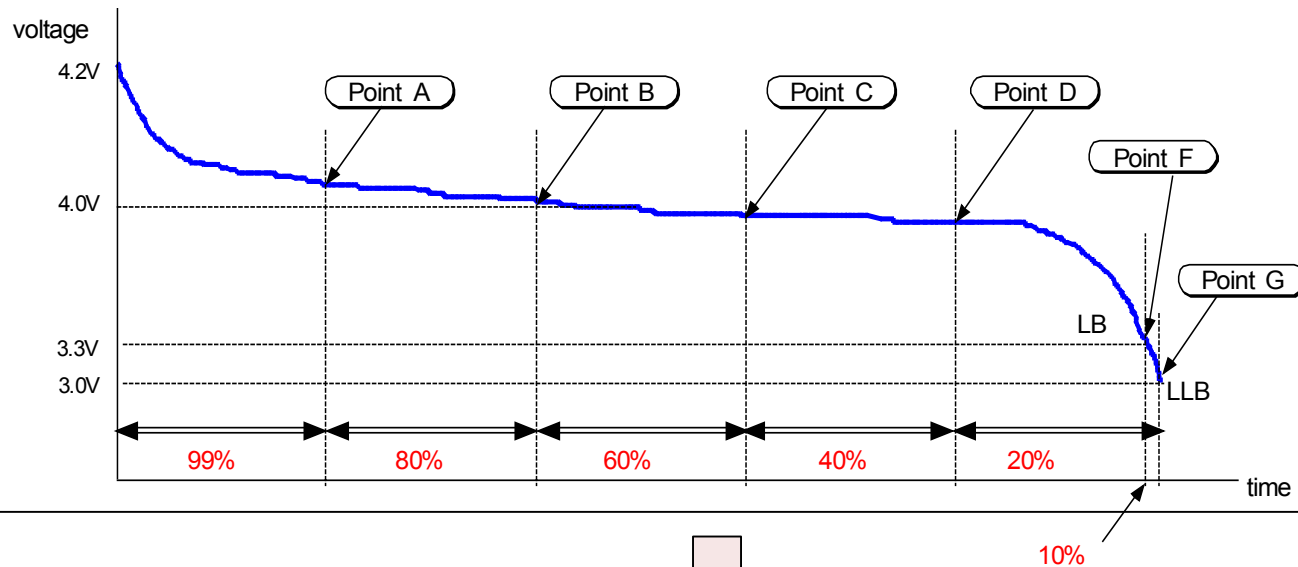
Why use Smart Battery

- 소비전력과 전원 상태



Why use Smart Battery

- **Voltage**를 근거로 한 **Battery** 잔존용량 정보는 부정확
 - **Battery Voltage**는 **Discharge Current, Temperature, Life Cycle**, 기타 다른 요인에 의해 변화가 심하다



- **Predictive Algorithms** 으로 **Battery** 잔존용량 정보 제공 (**1% accuracy**)
 - 정확한 **Battery** 잔존용량과 사용가능 시간에 대한 정보 제공

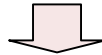
Why use Smart Battery

- 효율적인 충방전 관리로 수명연장
- **Critical Message**
 - **OCA : Over Charge Alarm**
 - **TCA : Terminate Charge Alarm**
 - **OTA : Over Temp Alarm**
 - **TDA : Terminate Discharge Alarm**
 - **RCA : Remaining Capacity Alarm**
 - **RTA : Remaining Time Alarm**
 - **FC : Fully Charged**
 - **FD : Fully Discharged**

Why use Smart Battery

- 기존 (**Dumb**) Battery

- 일방적인 충전으로 과충전 가능
- **Battery Chemistry** 구분 위해 **Id** 단자 사용

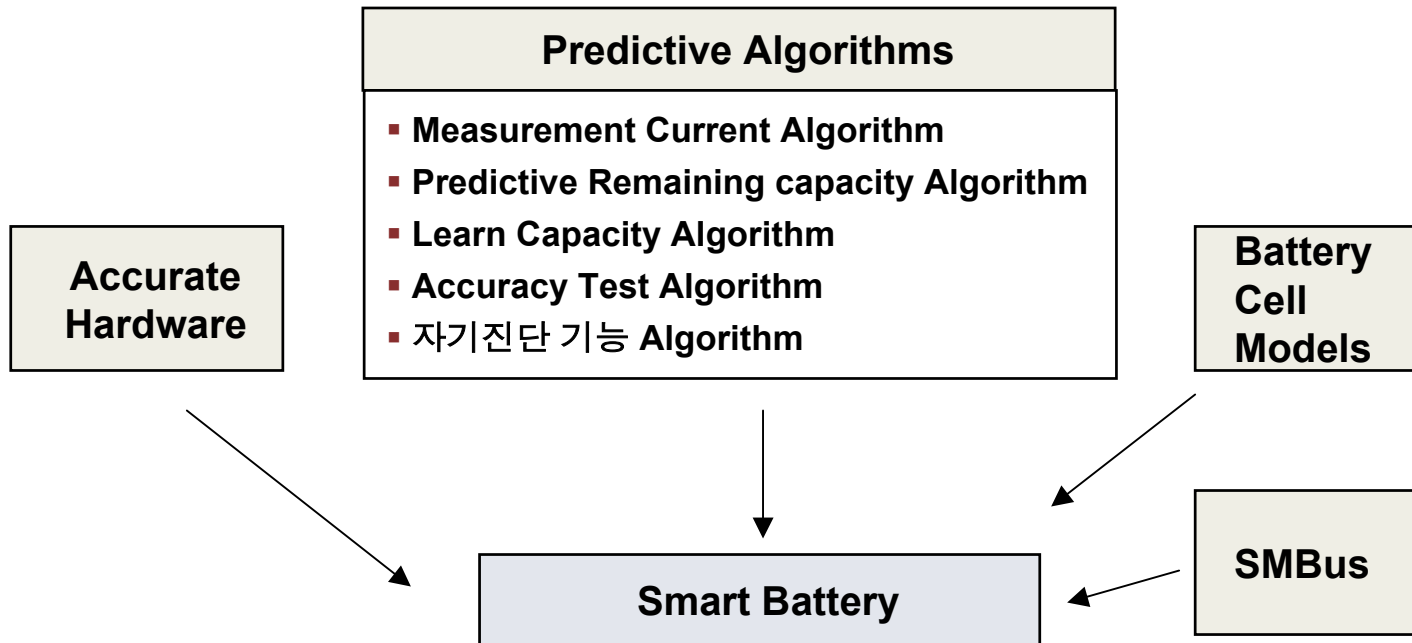


- **Smart Battery**

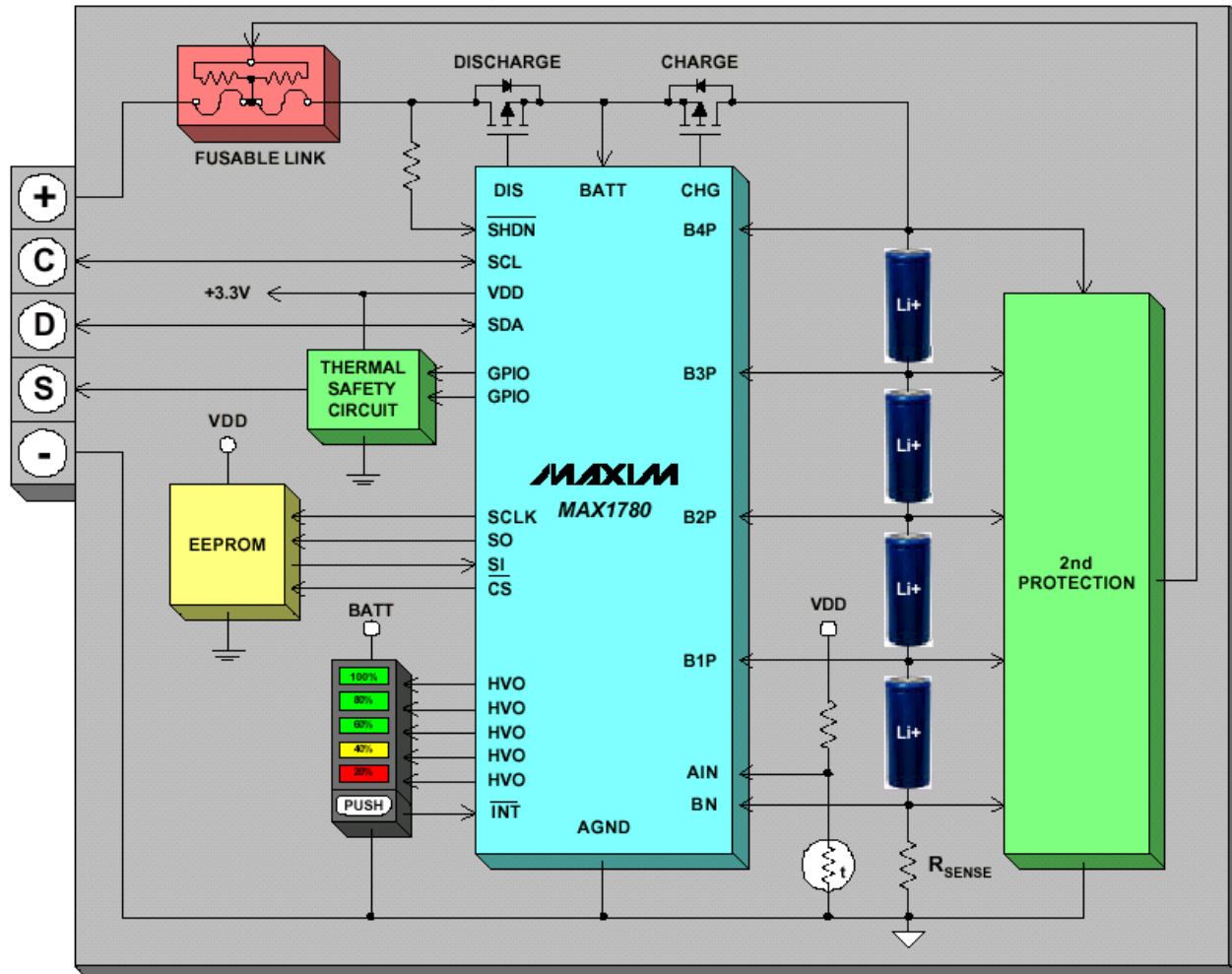
- **Smart Battery**가 충전제어 제어의 주체
- **Battery** 종류에 상관 없이 충전 가능
- **Battery Chemistry**
- **Charging Voltage**
- **Charging Current**
- **Battery Vendor**
- **Model Name**

Smart Battery

• What Makes A Smart Battery



Smart Battery Block Diagram

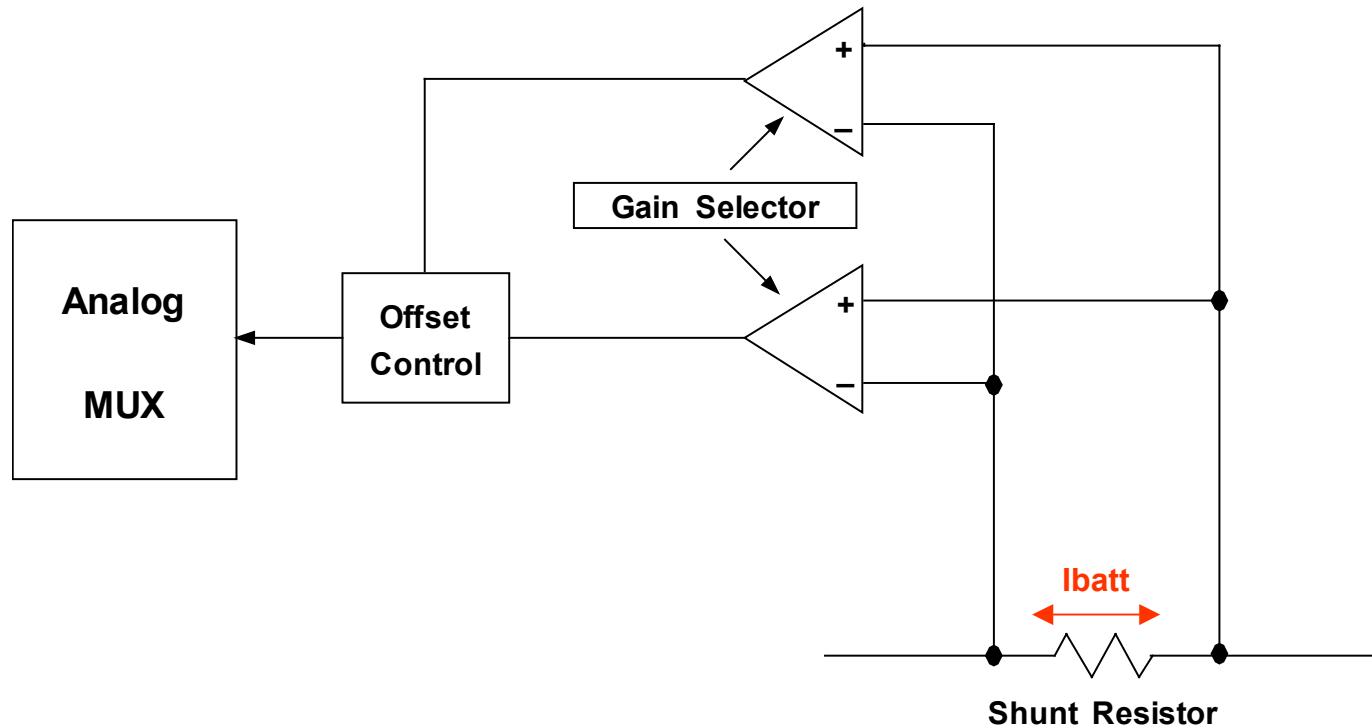


Key of Smart Battery

- **Key of Smart Battery**
 - **Current Measurement**
 - **Predictive Remaining Capacity**
 - **Learn Capacity**
 - **Battery Cell Modeling**
 - **Smart Battery Data Accuracy**
 - **Addition Smart Function**

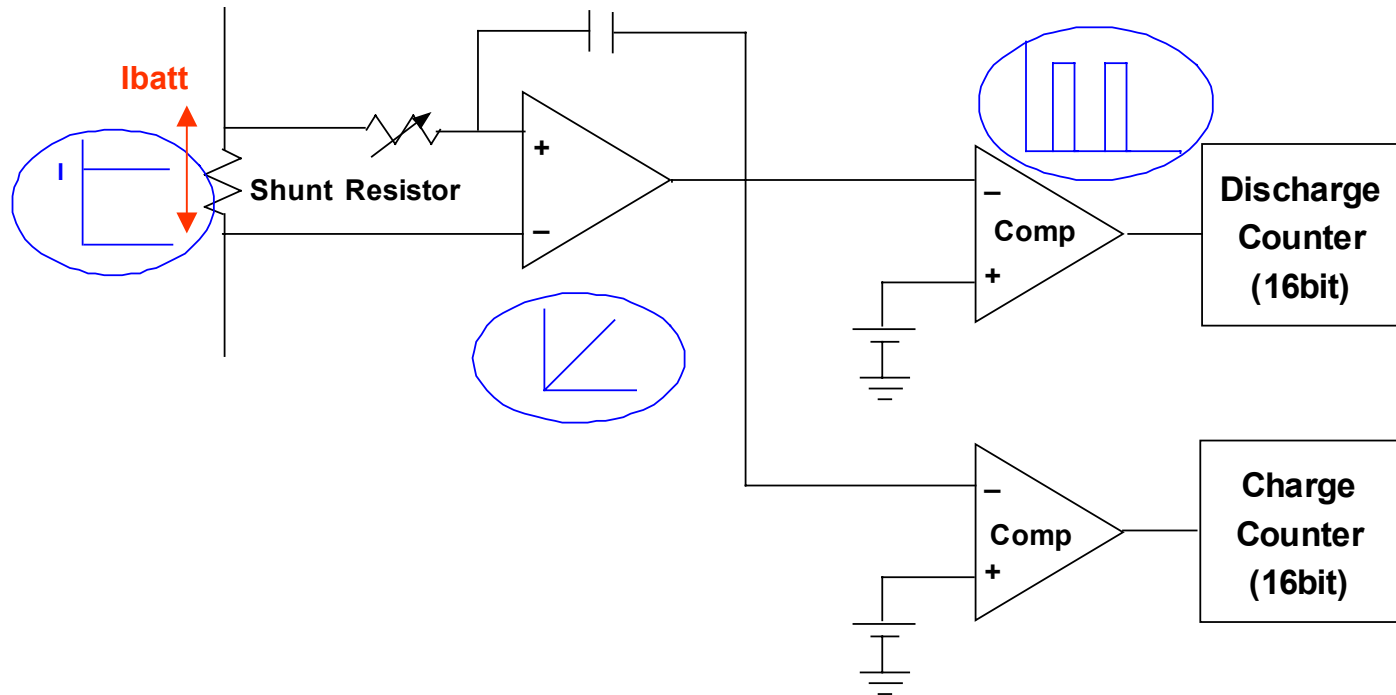
Current Measurement

- Current Measurement (OP Amp Method)

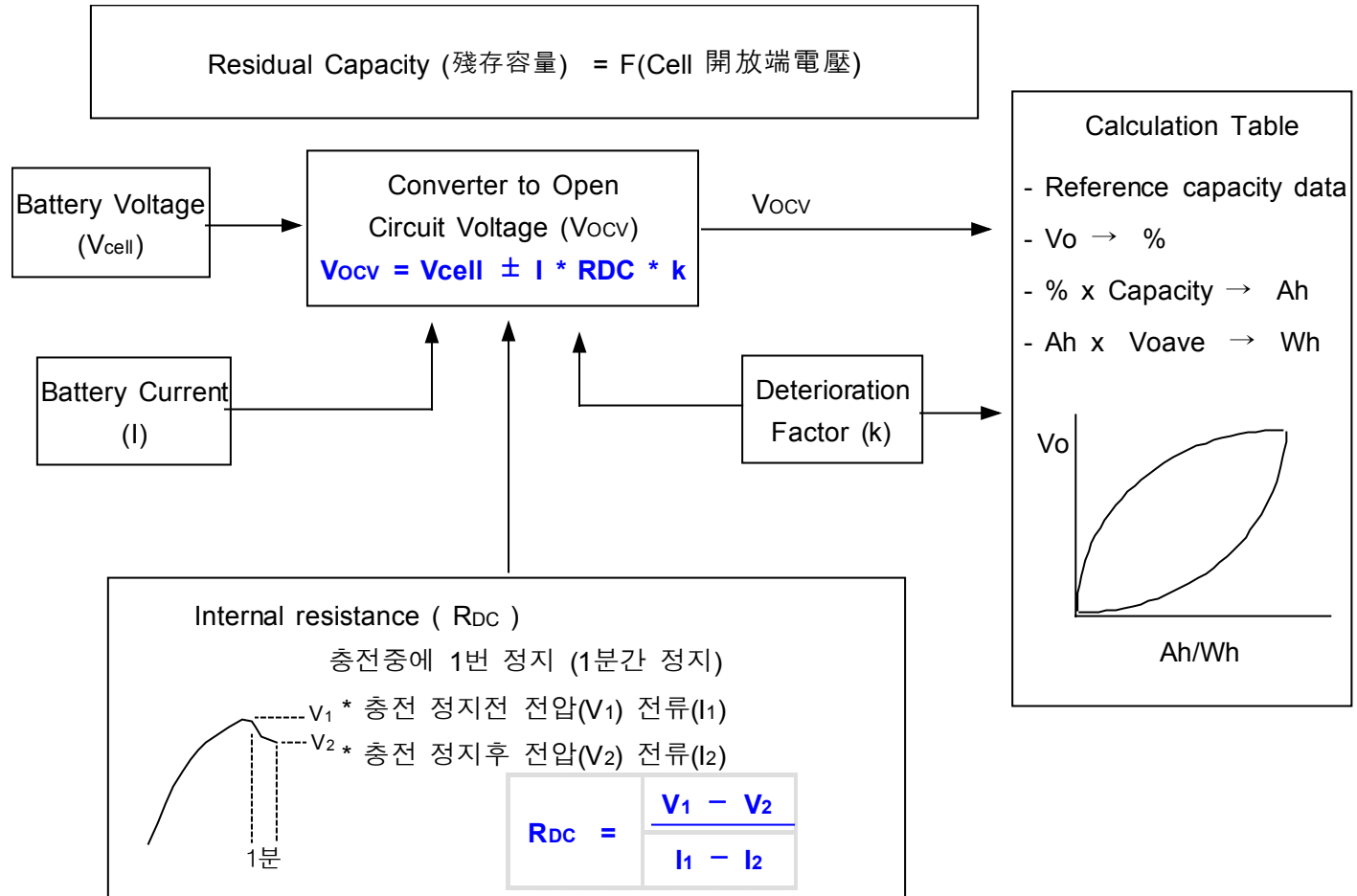


Current Measurement

- **Current Measurement (VFC Method)**



Predictive Remaining Capacity (OCV법)



Predictive Remaining Capacity (Current 적산법)

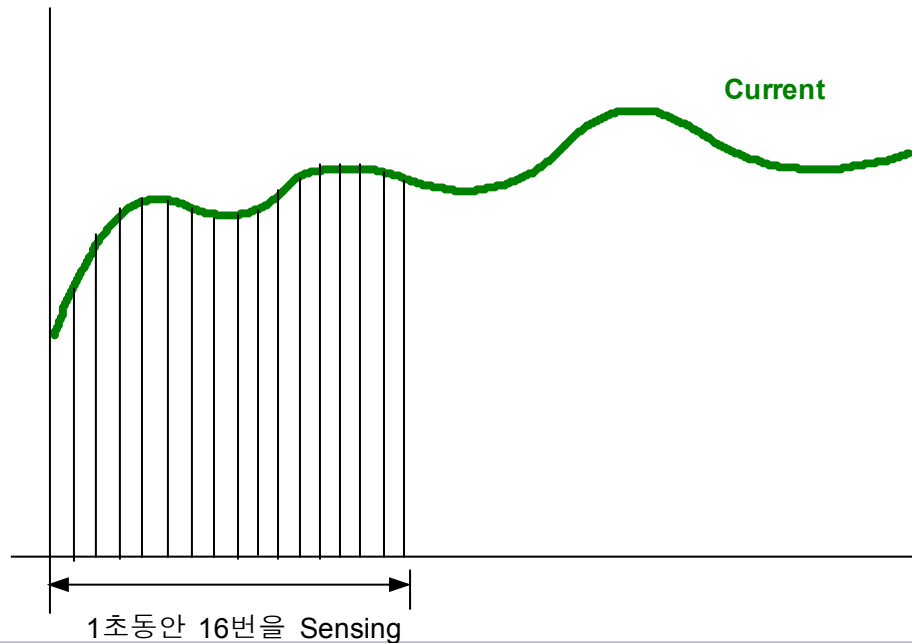
$$RC(n) = RC(n-1) \pm I_{batt} * \Delta t * E_f * Life - I_{self}$$

I_{batt} : 1초 동안 16번을 Sensing한 평균값 Δt : 시간

E_f : 충방전 전류 (CRate) 온도에 의한 충방전 효율 (Matrix Table)

Life : LifeCycle에 의한 충방전 효율

I_{self} : Self Discharge 보정 계수



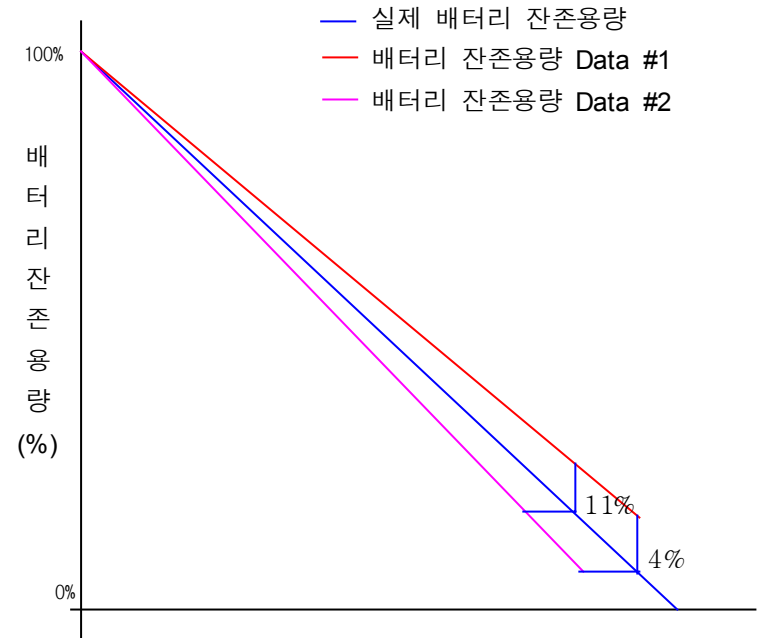
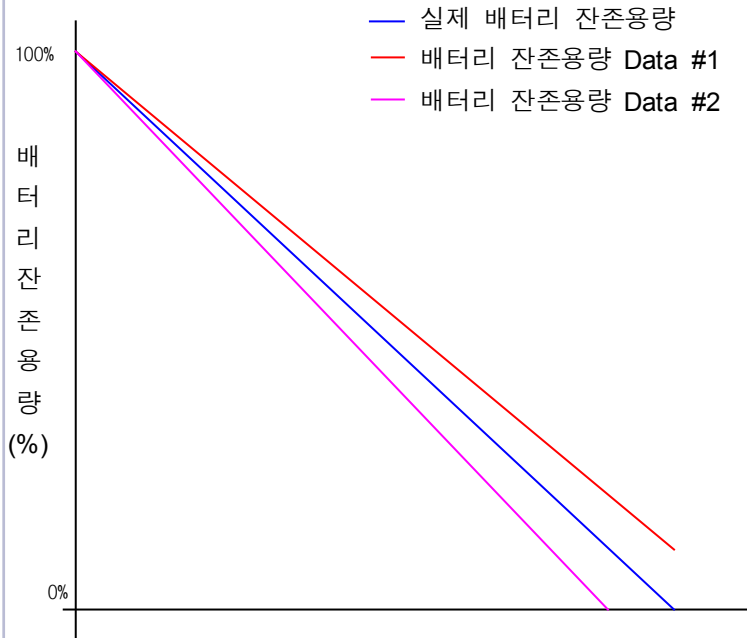
Learn Capacity (용량 학습)

• Learn Capacity (용량 학습)

- 용량 학습이란 : **Battery**가 만충전 되었을 때 예상되는 **Battery Capacity**, 즉 **FullCharge Capacity** 값을 **Update** 하는 것을 의미한다.
- 방전 용량으로 용량 학습 : 만충전을 감지한 상태에서 방전을 시작하여 만방전을 감지 하였을 때까지 방전된 용량으로 용량 학습 한다.
- 충전 용량으로 용량 학습 : 만방전을 감지한 상태에서 충전을 시작하여 만충전을 감지 하였을 때까지 충전된 용량으로 용량 학습을 행한다.
- **Battery Capacity**는 총방전 전류, **Temperature**, **Life Cycle** 등에 따라 **Capacity**가 달라 지므로 **Battery Remaining Capacity**의 예측의 정확도는 얼마만큼 **Micom Program**에 **Battery** 특성을 입력하느냐에 달려 있다.

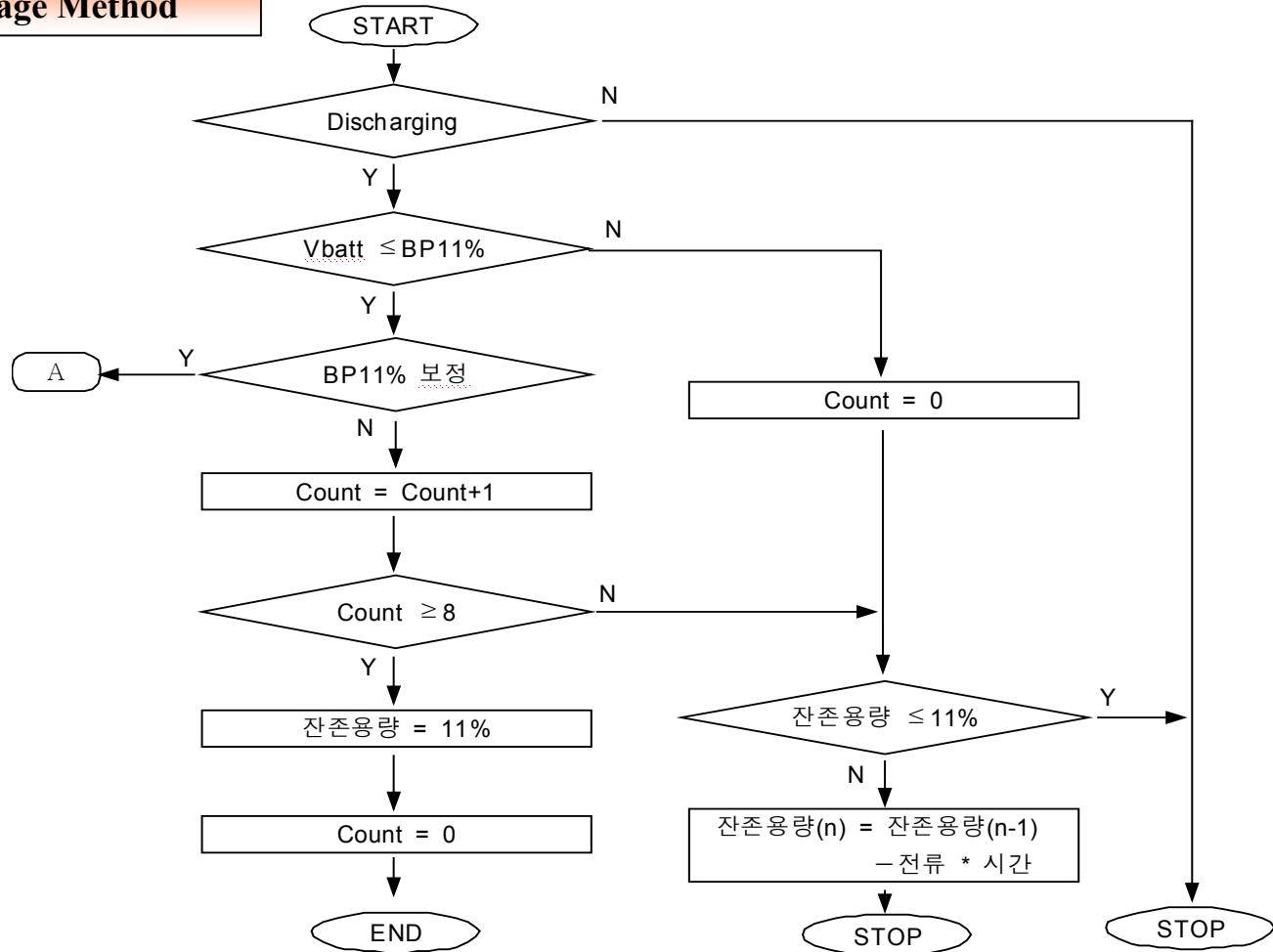
Bridge Passage Method

• Bridge Passage Method (잔존용량 보정 Algorithm)



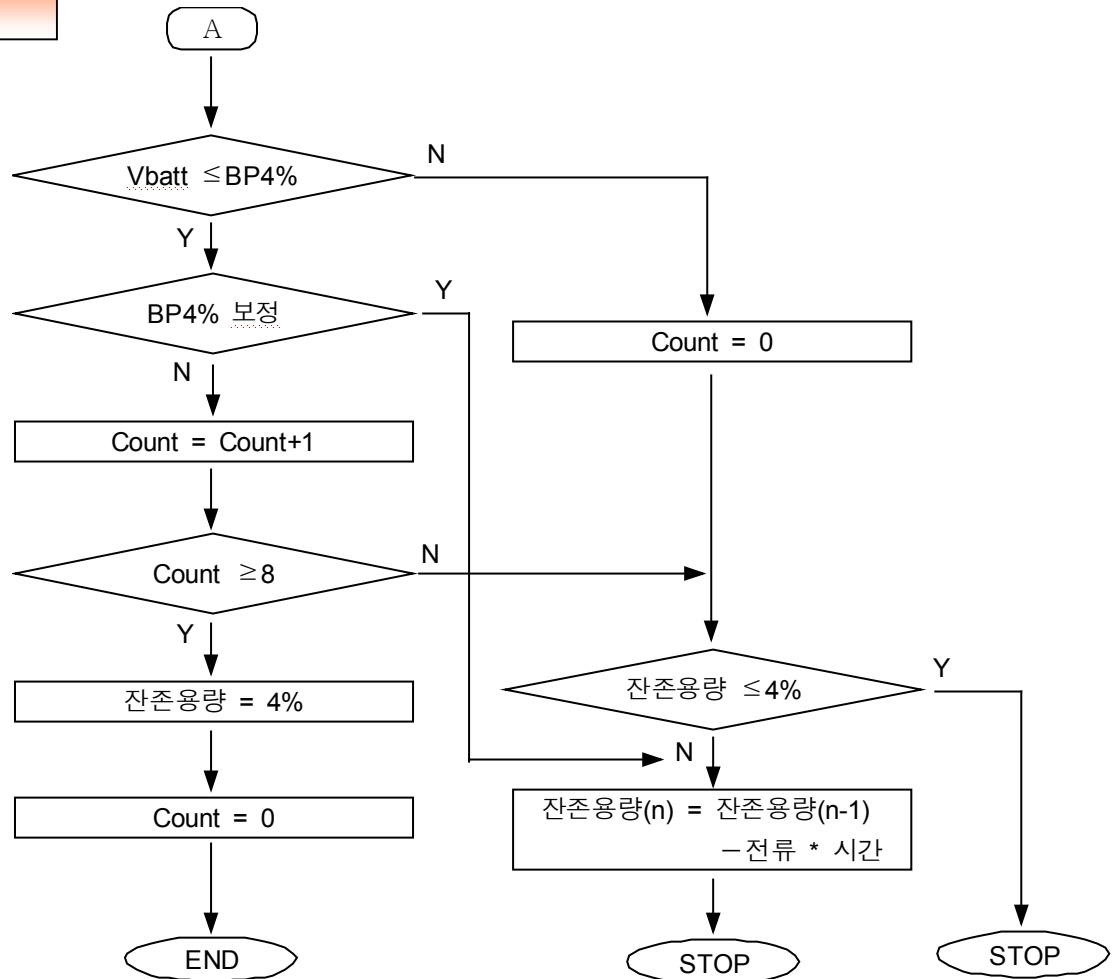
Bridge Passage Method

Bridge Passage Method

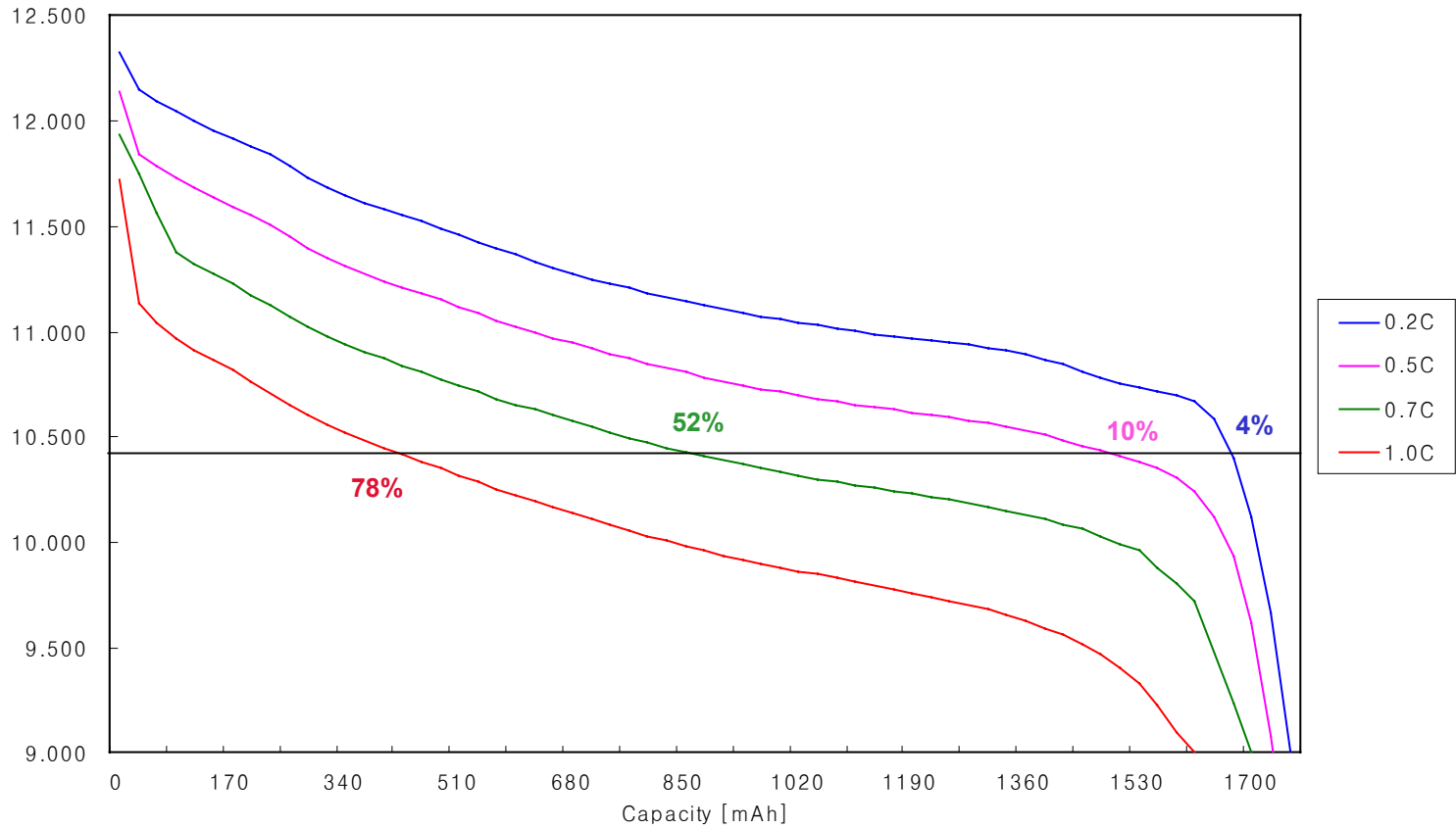


Bridge Passage Method

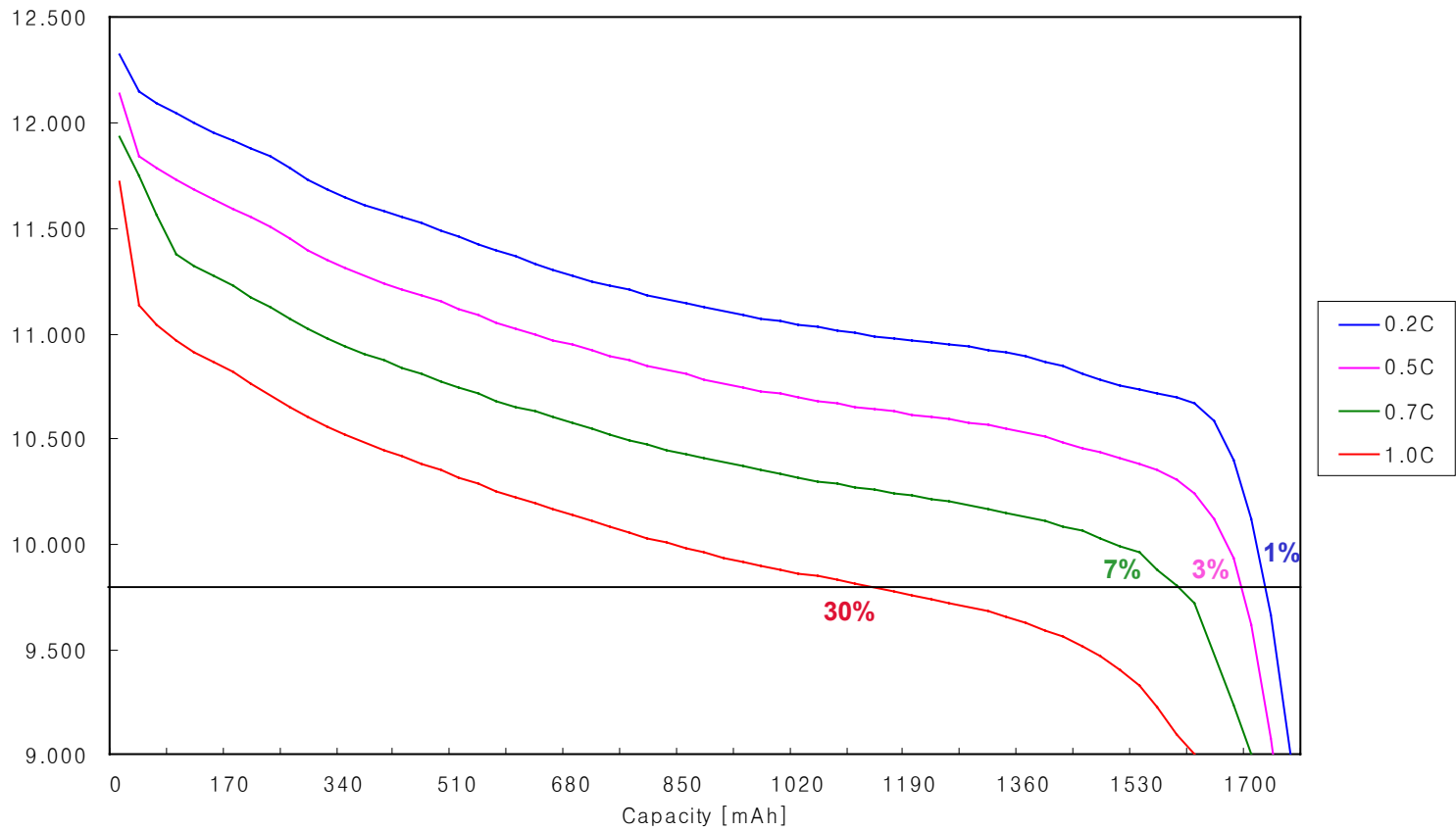
Bridge Passage Method



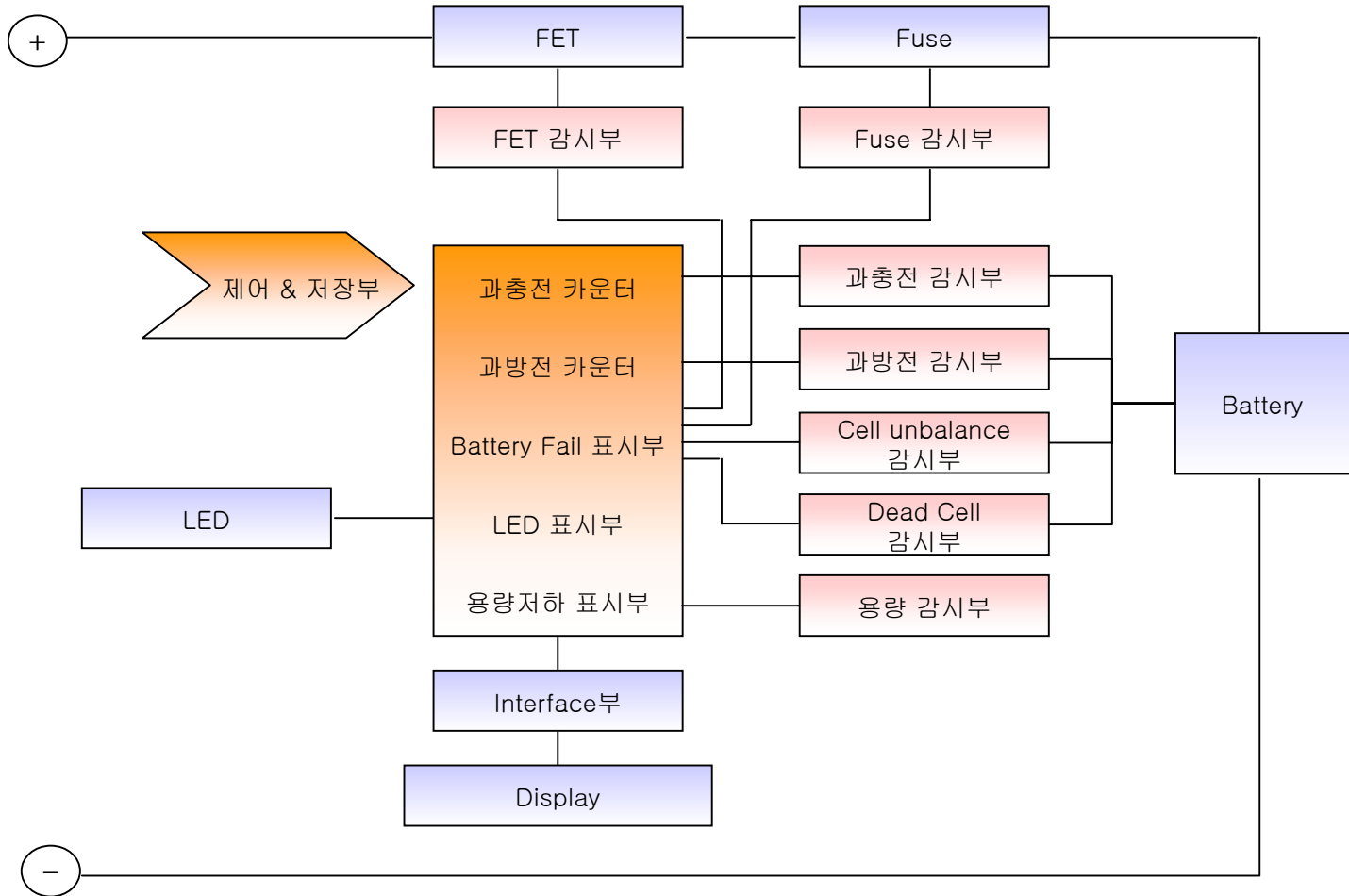
잔량 보정의 예 (I)



잔량 보정의 예 (II)



자기진단 Algorithm



Smart Battery Function

- Smart Battery Function (Data)

측정 data



Voltage(), Current(), Temperature()

예측 data



RemainingCapacity(), FullChargeCapacity(),
RelativeStateOfCharge(),
AbsoluteStateOfCharge() ...

Critical Message



BatteryStatus()

Fixed Data



ChargingVoltage(),ChargingCurrent(),
DesignCapacity(),DesignVoltage(),
DeviceName(),DeviceChemistry() ...

Smart Battery Function

Function	Code	Access	Data
ManufactureAccess	0x00	r/w	word
RemainingCapacityAlarm*	0x01	r/w	mAH or 10mWH
RemainingTimeAlarm*	0x02	r/w	minutes
BatteryMode	0x03	r/w	bit flags
AtRate	0x04	r/w	mA or 10mW
AtRateTimeToFull	0x05	r	minutes
AtRateTimeToEmpty*	0x06	r	minutes
AtRateOK*	0x07	r	Boolean
Temperature	0x08	r	0.1 'K
Voltage	0x09	r	mV
Current	0x0a	r	mA
AverageCurrent	0x0b	r	mA
MaxError	0x0c	r	percent
RelativeStateOfCharge	0x0d	r	percent
AbsoluteStateOfCharge	0x0e	r	percent
RemainingCapacity	0x0f	r	mAH or 10mWH

Smart Battery Function

Function	Code	Access	Data
FullChargeCapacity	0x10	r	mAH or 10mWH
RunTimeToEmpty*	0x11	r	minutes
AverageTimeToEmpty*	0x12	r	minutes
AverageTimeToFull	0x13	r	minutes
ChargingCurrent	0x14	r	mA
ChargingVoltage	0x15	r	mV
BatteryStatus*	0x16	r	bit flags
CycleCount	0x17	r	count
DesignCapacity	0x18	r	mAH or 10mWH
DesignVoltage	0x19	r	mV
SpecificationInfo	0x1a	r	unsigned int
ManufactureData	0x1b	r	unsigned int
SerialNumber	0x1c	r	number
ManufactureName	0x20	r	string
DeviceName	0x21	r	string
DeviceChemistry	0x22	r	string
ManufactureData	0x23	r	data

Smart Battery Data (측정 Data)

- **측정 Data**

- **Temperature** : Smart Battery Pack의 내부온도

- **Voltage** : **Accuracy** : $\pm 1.0\%$ of Design Voltage()

- * **Minimum Cell Voltage** * 3

- * $V = V_{cell1} + V_{cell2} + V_{cell3}$

- * **Battery Terminal Voltage**

- **Current** : Battery의 Terminal을 통하여 공급되는 **Current**

- Accuracy** : $\pm 1.0\%$ of the Design Capacity()

Smart Battery Data (예측 Data)

- **예측 Data**

- **RSOC(RelativeStateOfCharge)** : 예상되는 **Remaining Battery Capacity**를

FullChargeCapacity()에 대한 **Percentage**로 나타낸다 (%)

$$\text{RSOC} = \text{RemainingCapacity} / \text{FullChargeCapacity} * 100$$

- **ASOC(AbsoluteStateOfCharge)** : 예상되는 **Remaining Battery Capacity**를

DesignCapacity()에 대한 **Percentage**로 나타낸다

$$\text{ASOC} = \text{RemainingCapacity} / \text{DesignCapacity} * 100$$

- **RC (RemainingCapacity)** : 예상되는 남아있는 **Battery Capacity**

- **FCC (FullChargeCapacity)** : **Full Charge**되었을 때의 예상되는 **Battery**

Pack Capacity

Smart Battery Data (Critical Message)

- **Critical message**

- **Over_Charge_Alarm** : Smart Battery가 Over Charge 될 때마다 **Set** 된다.
- **Terminate_Charge_Alarm** : 하나이상의 **Charging Parameter**가 허용 **Range**를 벗어나는 것을 감지 하게 되면 **Set**된다
(예: **Over Voltage, Over Current**)
- **Over_Temp_Alarm** : Battery 내부 온도가 허용치보다 클 경우에 **Set**된다.
- **Terminate_Discharge_Alarm** : Battery가 손상되지 않는 범위에서 모든 에너지를 공급하였음을 나타내는데 이 **bit**가 **set**된 후에도 계속해서 사용할 경우 영구적인 **Capacity Loss**를 가져올 수도 있다

Smart Battery Data (Status Data)

- **Status Bits**

- **Initialized** : Smart Battery가 제조 시 교정될 때 **Set** 되어서 **Calibration Data**가 원인 모르게 변화 하거나 없어지게 되면 **Clear**된다.

- **Discharging** : Rest & Discharging시 **Set**, Charging 시 **Clear**

- **Fully_Charged** : Charge Termination Point에 도달 할 경우 **Set** 되고 다시 Charge될 때 **Clear**된다.

- **Fully_Discharged** : 손상 없이 모든 에너지를 공급 한 경우에 **Set** 된다.

- RelativeStateOfCharge()**가 20%이상이 될 경우에 **Clear** 된다

Smart Battery Data (Battery Status)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OCA	TCA	-	OTA	TDA	-	RCA	RTA	I	D	FC	FD	Error Code			

OCA : Over Charge Alarm

TCA : Terminate Charge Alarm

OTA : Over Temp Alarm

TDA : Terminate Discharge Alarm

RCA : Remaining Capacity Alarm

RTA : Remaining Time Alarm

I : Initialize

D : Discharging

FC : Fully Charged

FD : Fully Discharged

Smart Battery (Smart Phone)

- **bqJUNIOR FEATURES**
 - **Report Accurate Time-to-Empty (Stand by / Peak / Actual / At-rate)**
 - **Report Cell Temperature, Voltage and Average Current**
 - **Report Remaining Capacity and RSOC**
 - **Report Full Charge Capacity**
 - **Report Status Flag (Charge status / No Activity / Li-ion taper current detection / Capacity Inaccurate / Valid discharge / End of discharge voltage)**

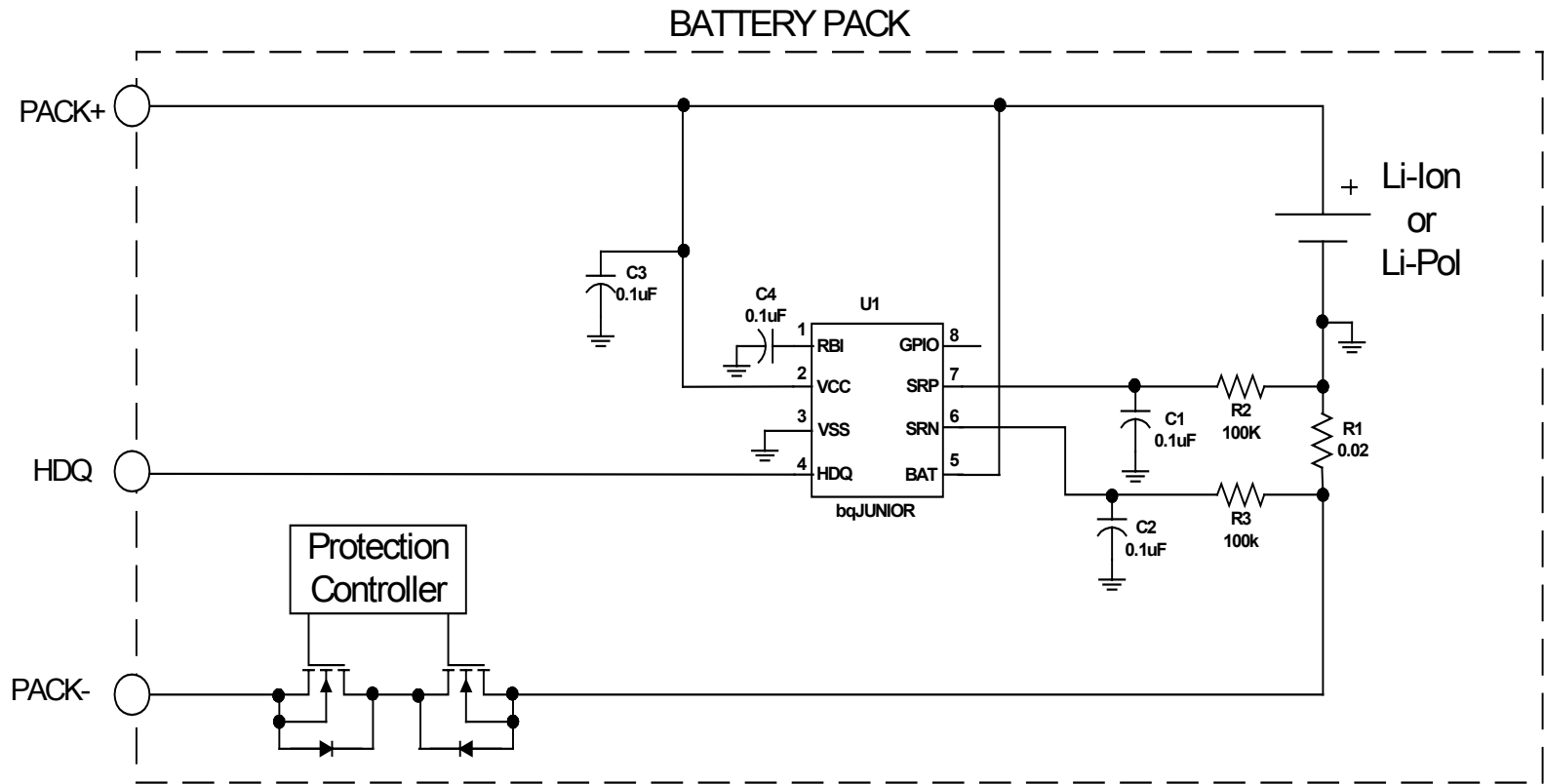
Smart Battery (Smart Phone)

- **Why use Smart Battery (Smart Phone)**

- **System** : 예기치 않은 **Shutdown**을 예방하고, 정확한 **End Point** 결정에 따른 사용 시간 증가 (RSOC)
- **ACPI : Power Management**에 필요한 정보 제공
- **User** : 정확한 **Battery** 잔존용량과 사용가능 시간에 대한 정보 제공 (RSOC, Time)
- **Battery** : 효율적인 충전 관리로 수명 연장 (BatteryStatus)
- **Charger** : **Battery** 종류에 상관없이 충전 제어 (ChargingCurrent, ChargingVoltage)
- **Note PC** : **Windows Logo** 획득

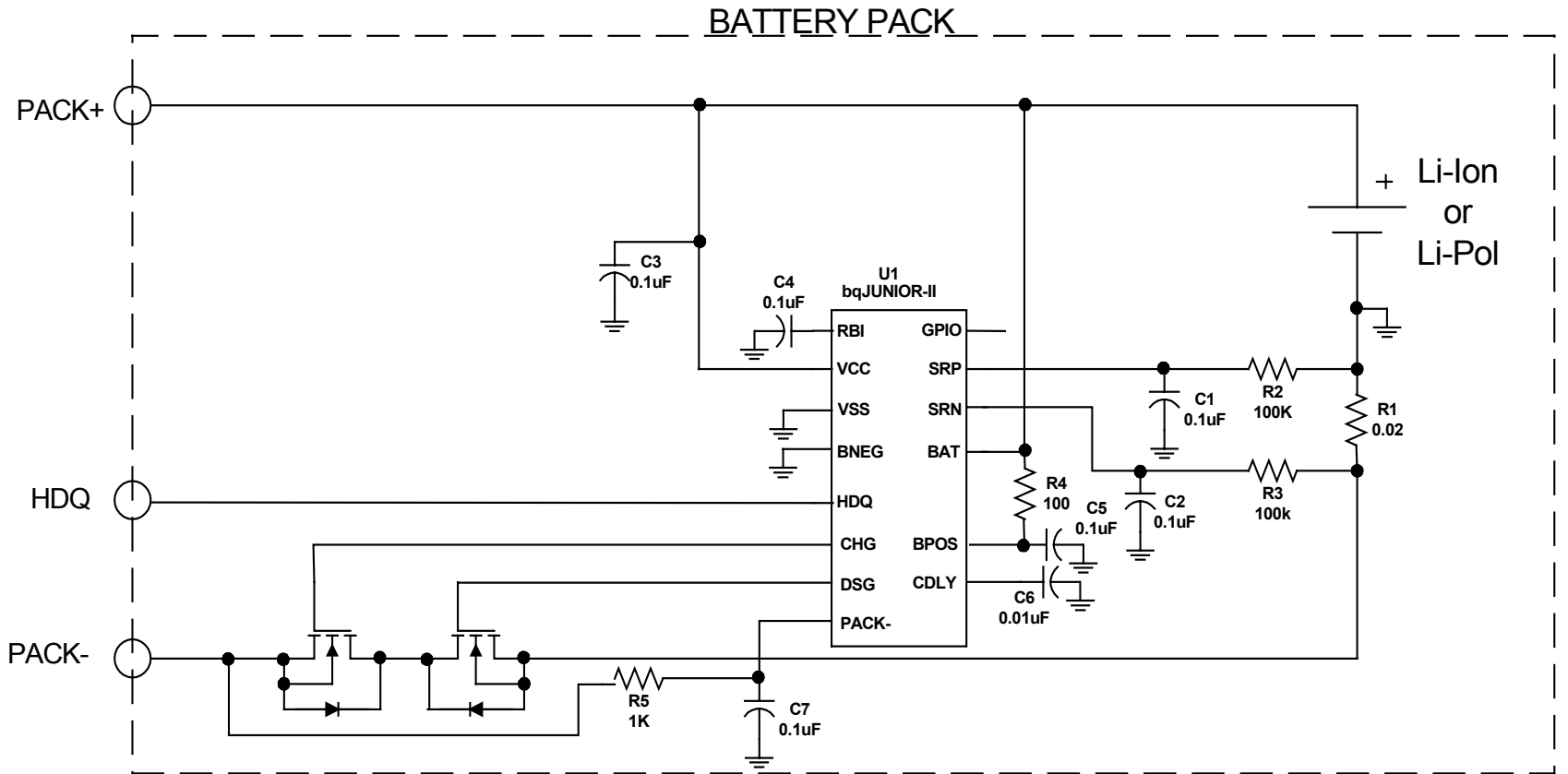
Smart Battery (Smart Phone)

* bqJUNIOR Application Diagram



Smart Battery (Smart Phone)

* BqJUNIOR II Application Diagram



Smart Battery (Smart Phone)

Function	Code	Access	Data
Device Control Register	0x00	r/w	
Device Mode Register	0x01	r/w	
At Rate	0x02	r/w	
	0x03		
AtRate Time To Empty	0x04	r	minutes
	0x05		
Temperature	0x06	r	0.25 'K
	0x07		
Voltage	0x08	r	mV
	0x09		
Status flags	0x0a	r	
Relative Status Of Charge	0x0b	r	%
Nominal available capacity	0x0c	r	3.05uVh
	0x0d		
Discharge compensated NAC	0x0e	r	3.05uVh
	0x0f		

Smart Battery (Smart Phone)

Function	Code	Access	Data
Temperature compensated CACD	0x10	r	3.05uVh
	0x11		
Last measured discharge	0x12	r	3.05uVh
	0x13		
Average current	0x14	r	3.05uVh/Rs
	0x15		
Present rate time to empty	0x16	r	minutes
	0x17		
Time to full	0x18	r	minutes
	0x19		
Standby current	0x1a	r	3.05uVh/Rs
	0x1b		
Standby time to empty	0x1c	r	minutes
	0x1d		
Maximum load current	0x1e	r	3.05uVh/Rs
	0x1f		

Smart Battery (Smart Phone)

Function	Code	Access	Data
Maximum load time to empty	0x20	r	minutes
	0x21		
Available energy	0x22	r	25/RsuWh
	0x23		
Average power	0x24	r	25/RsuW
	0x25		
Time to empty at constant power	0x26	r	minutes
	0x27		

감사합니다

jameschoo@korea.com