



1.4.1 ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Химические источники питания широко используются для питания маломощных устройств и аппаратуры, требующей автономного питания. Батареи и аккумуляторы являются также вспомогательными и (или) резервными источниками энергии в устройствах, питающихся от сети переменного тока. Выходное напряжение таких источников практически не содержит переменной составляющей (пульсаций), но в значительной степени зависит от величины тока, отдаваемого в нагрузку, и степени разряда. Поэтому в устройствах, критичных к напряжению питания, химические источники тока используются совместно со стабилизаторами напряжения.

Первичные источники можно классифицировать по физическому признаку генератора тока:

- химические источники тока (гальванические элементы, батареи и аккумуляторы);
- термобатареи;
- термоэлектронные преобразователи;
- фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи);
- топливные элементы;
- биохимические источники тока;
- атомные элементы;
- электромашинные генераторы

Химическая энергия исходных активных материалов преобразуется непосредственно в электрическую энергию. К подобным источникам относятся гальванические элементы, активные материалы которых (электролиты и электроды) используются одноразово. Гальванические элементы обычно объединяются в батареи.

Химический источник электрического тока, основанный на взаимодействии двух металлов и/или их оксидов в электролите, приводящем к возникновению в замкнутой цепи электрического тока. Назван в честь Луиджи Гальвано.

Наиболее распространенными сухими элементами являются марганцево-цинковые гальванические элементы. Они работают в широком диапазоне температур и имеют малое внутреннее сопротивление, которое в зависимости от степени разряда и объема составляет от 0,1 до 10 Ом. При увеличении тока разряда емкость



уменьшается, а с повышением температуры электролита емкость сначала увеличивается, а затем уменьшается.

Ртутно-цинковые элементы имеют герметичную конструкцию в форме диска. Они отличаются высокой стабильностью электродвижущей силы, которая в течение года изменяется на 0,2 %. Их внутреннее сопротивление значительно выше по сравнению с марганцево-цинковыми элементами. Ртутно-цинковые элементы отличаются от других химических источников тока наибольшей удельной емкостью на единицу объема. К их недостаткам следует отнести низкую работоспособность при отрицательных температурах.

В отличие от гальванических элементов аккумулятор может использоваться многократно за счет восстановления химической энергии вещества путем пропускания электрического тока в направлении, обратном направлению тока при разряде. Для электропитания ЭА применяют следующие типы аккумуляторов и составленных из них батарей: свинцово-кислотные (СК), никель-кадмиевые (НК), никель-железные (НЖ), серебряно-цинковые (СЦ), никель-цинковые (НЦ), никель-водородные (НВ). Они имеют герметичное исполнение, за исключением никель-железных, для которых необходима вентилируемая конструкция [3].

Марганцево-цинковые элементы называют солевыми. Производители батареек обычно не указывают их химический состав. Это самые дешевые гальванические элементы, которые можно применять только в устройствах с низким потреблением, таких как часы, электронные термометры или пульты дистанционного управления.

Литиевые химические источники тока обладают максимальным значением плотности энергии и характеризуются повышенным номинальным напряжением по сравнению с другими типами элементов питания. Напряжение литиевого гальванического элемента, если рассматривать наиболее распространенные, имеет значение 2,9...3,6 В против 1,2...1,5 В у других типов, при этом напряжение имеет слабо выраженную зависимость от степени разряда (рисунок 1.4.1). Поэтому во многих устройствах можно обойтись всего лишь одним элементом. Дополнительным фактором, способствующим более широкому применению ЛХИТ, является и тенденция снижения стоимости как результат развития технологий производства.

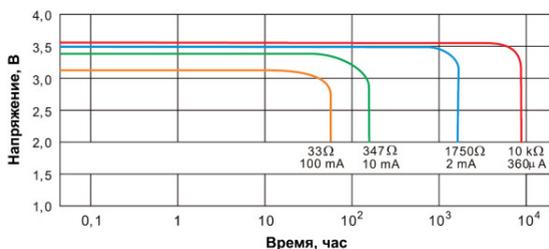


Рис. 1.4.1. Зависимость выходного напряжения литиевых ХИТ от тока разряда

Таблица 1.4.1.
Материалы, применяемые для изготовления ХИТ

Тип источников тока	Катод	Электролит	Анод	Напряжение, В
Марганцево-цинковый	MnO_2	КОН	Zn	1,56
Марганцево-оловянный	MnO_2	КОН	Sn	1,65
Марганцево-магниевый	MnO_2	$MgBr_2$	Mg	2,00
Свинцово-цинковый	PbO_2	H_2SO_4	Zn	2,55
Свинцово-кадмиевый	PbO_2	H_2SO_4	Cd	2,42
Свинцово-хлорный	PbO_2	$HClO_4$	Pb	1,92
Ртутно-цинковый	HgO	КОН	Zn	1,36
Ртутно-кадмиевый	HgO_2	КОН	Cd	1,92
Окисно-ртутно-оловянный	HgO_2	КОН	Sn	1,30
Хром-цинковый	$K_2Cr_2O_7$	H_2SO_4	Zn	1,8—1,9
Литий-железофосфатные	$LiFePO_4$	Li_2CO_3 LiF	Fe	3,6
Литий-полимерные	LiPolimer	$LiMn_2O_4$	-	3
Литий-ионные	LiIon	$LiCoO_2+C_6$	-	2,6...2,9

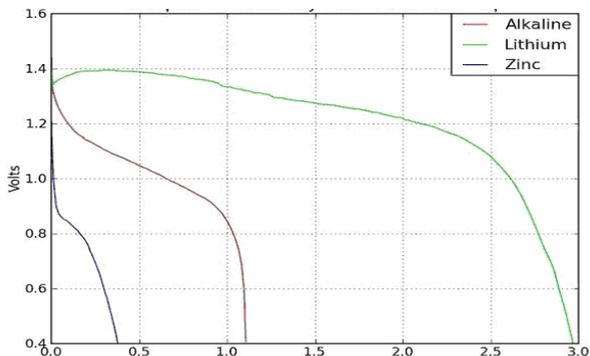


Рис. 1.4.2. Время работы элементов питания разного типа при токе разряда 1А

На рис. 1.4.2 приведены сравнительные кривые разряда для различных типов аккумуляторов.

Наиболее энергоемкими, на сегодняшний день, из массово выпускаемых аккумуляторов, считаются – литиевые и литий-ионные. В качестве основы литий-ионного аккумулятора служит матрица из углерода. Эта матрица может изготавливаться из природного или синтетического графита, сажи, пиролизного или мезофазного углерода, кокса и т.д. Ионы лития при внедрении раздвигают слои углеродной матрицы и располагаются между ними. Положительные электроды li-ion аккумуляторов изготавливаются из литированных оксидов кобальта или никеля и из литий-марганцевых шпинелей. На рисунке 1.4.3 приведены внешний вид и внутреннее устройство литийионного элемента питания.

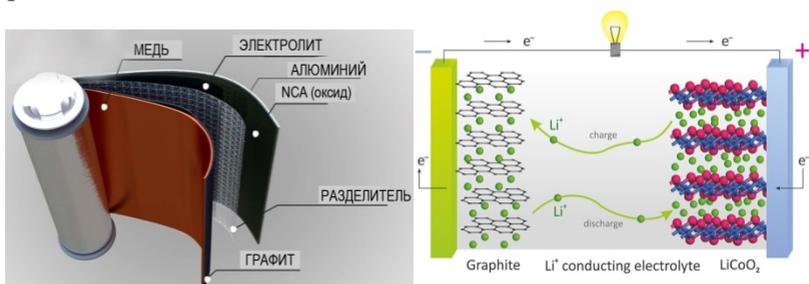


Рис. 1.4.3. Конструкция литий-ионного аккумулятора

Литий-ионные аккумуляторы изготавливаются в двух формах: плоском и цилиндрическом. В цилиндрическом вариан-



те изготовления пакет электродов и сепаратора свёрнут в виде рулона и помещён в алюминиевый или стальной корпус. С корпусом соединён отрицательный электрод. Через изоляцию на крышку аккумулятора выведен положительный полюс. Плоский тип аккумуляторов производится складыванием в прямоугольник пластин друг на друга. Эти пластины обеспечивают более плотную упаковку в плоском аккумуляторе, чем в цилиндрическом, но в них сложнее обеспечить сжимающие усилия на электроды. В некоторых плоских li-ion аккумуляторах применяется рулонная сборка пакетов электродов, которые скручиваются в спираль. Это способствует объединению двух описанных выше типов конструкций. Разноимённые электроды разделяются сепаратором из пористого полипропилена. Корпус аккумуляторов герметичный. Это нужно для того, чтобы избежать вытекания жидкого электролита и попадания в аккумулятор паров воды и кислорода из окружающей среды. Кислород и пары воды полностью выводят из строя аккумулятор. Li-ion аккумуляторы имеют саморазряд. Это значит, что при хранении они теряют свой заряд с небольшой скоростью. Оптимальными условиями для хранения являются: температура 0 градусов Цельсия и уровень заряда в районе 40%. Из-за этого с производства аккумуляторы выходят заряженными на 40%. Данные аккумуляторы стареют, даже если их не использовать. Через 2 года хранения аккумуляторная батарея теряет около 10% своей ёмкости. Аккумуляторы необходимо заряжать сначала постоянным током, затем постоянным напряжением. Если на стадии заряда постоянным напряжением превысить его всего лишь на 4%, то аккумуляторы будут вдвое быстрее терять свою ёмкость от цикла к циклу. Из этого следует, что необходимо использовать качественные зарядные устройства, чтобы сохранить срок службы батареи. Высокотоковые аккумуляторы могут отдавать большие токи при сохранении стабильного напряжения. Также эти батареи менее пожароопасны при значительном нагреве. Такие аккумуляторы имеют меньшую ёмкость и меньший ресурс, чем обычные аккумуляторы и не снабжаются защитой. Если сборка состоит из высокотоковых аккумуляторов, то на сборку устанавливается общая плата защиты, которая защищает аккумуляторы от глубокого разряда и перезаряда. Для сохранения максимальной ёмкости заряда аккумулятора достаточно придерживаться простых правил эксплуатации: не стоит разряжать аккумулятор полностью до 0%. Когда уровень заряда становится равным 10-20%, устройство рекомендуется



ставить на зарядку, это увеличит срок его службы. Полностью заряжать и разряжать такие аккумуляторы не рекомендуется. Не деформируйте аккумулятор.

Texas Instruments представила компактную (рис. 1.4.4) микросхему мониторинга работы пакета из 2-4 аккумуляторных ячеек [10]. Тип памяти Flash. Корпус QFN32. Габаритные размеры 5 x 5 x 1мм. Многофункциональную микросхему BQ40Z60 для работы с Li-Ion/Li-Po аккумуляторами, основными особенностями которой являются:

- возможность одновременной работы с 4 аккумуляторными ячейками;
- интегрированные контроллеры заряда (Battery Charger) и состояния аккумулятора;
- мониторы аварийных ситуаций;
- функция аутентификации аккумулятора.

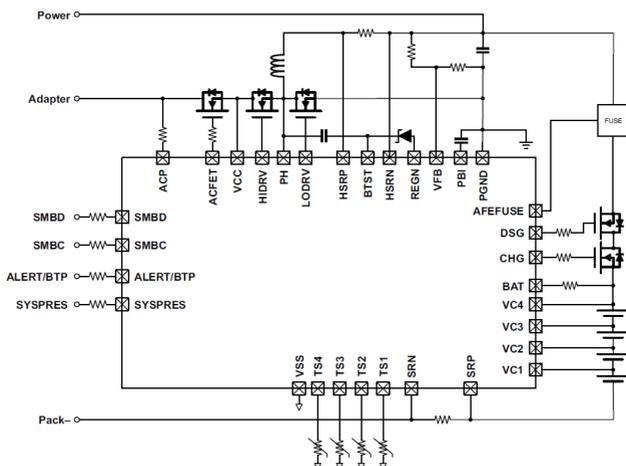


Рис. 1.4.4. Схема включения контроллера заряда BQ40Z60

Контроллеры заряда синхронного типа, например BQ40Z60 или ему подобные обладают широким диапазоном входных напряжений и позволяют повысить эффективность работы, а также упростить схемотехнику и решать практически все задачи, возникающие при построении систем с аккумуляторными накопителями энергии.



Встроенная схема балансировки заряда (рис. 1.4.5) позволяет отказаться от применения дополнительных схем балансировки. Контроллер позволяет питать нагрузку совместно от внешнего источника и аккумулятора, или же одновременно заряжать аккумулятор и питать нагрузку в зависимости от тока нагрузки, а также автоматически переключаться между режимами.

Таблица 1.4.2.

Основные свойства контроллер заряда BQ40Z60

Параметр		Значение
Максимальное входное напряжение, В		26
Количество ячеек Li-Ion/Li-Po, шт.		2-4
Максимальный ток заряда, А		10
Точность задания напряжения, %		0.2
Точность задания тока заряда, мА/шаг		32
Энергопотребление	в выключенном состоянии, мкА	2
	в активном режиме, мкА	310
Рабочая частота, МГц		1
Количество входов источников энергии, шт		2
Количество сигнальных выводов, шт.		4
Защитные транзисторы		N-канальные в верхнем плече
Транзисторы для заряда		Внешние
Транзисторы для балансировки		Встроенные
Тепловая защита		Управление затворами транзисторов
Алгоритм обеспечения безопасности		SHA-1
Интерфейс управления		SMBus



Контроллер аккумулятора, на основе сопротивления каждой ячейки за каждый цикл заряда-разряда, позволяет спрогнозировать текущий заряд/износ аккумулятора с точностью в 30 раз большей, чем традиционные методы.

Программируемый контроллер защиты позволяет избежать последствий от различных ненормированных режимов (перезаряд, переразряд, перегрев, КЗ со стороны источника питания, КЗ со стороны нагрузки, сбой балансировки). Для аутентификации батареи может использоваться ключ, хранящийся в защищённой области памяти.

Ток заряда аккумулятора определяется его ёмкостью C . Обычно он составляет $I_z = 0,1 C$.

В настоящее время для портативной аппаратуры, такой как рации, сотовые телефоны, смартфоны, ноутбуки или планшеты в основном применяются никель-металлгидридные (NiMH) и литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы, так как они обладают наибольшей ёмкостью при минимальных размерах.

Однако число циклов заряда-разряда и срок службы Ni-MH аккумулятора зависит от его режима эксплуатации. Срок службы этого типа аккумулятора уменьшается при увеличении его глубины разряда и увеличении тока потребления (скорость разряда). В зависимости от конкретного типа Ni-MH аккумулятора при глубине разряда до 80% может быть обеспечено от 500 до 1000 циклов заряда-разряда. При таком режиме эксплуатации срок службы аккумулятора составляет обычно 3 ... 5 лет.

Для увеличения срока эксплуатации Ni-MH аккумуляторов наибольшее внимание следует уделить температурному режиму, избегать уменьшения напряжения ниже 1В и коротких замыканий. Рекомендуется использовать Ni-MH аккумуляторы по назначению, избегать сочетания бывших в употреблении и неиспользованных аккумуляторов, не припаивать непосредственно к аккумулятору провода.

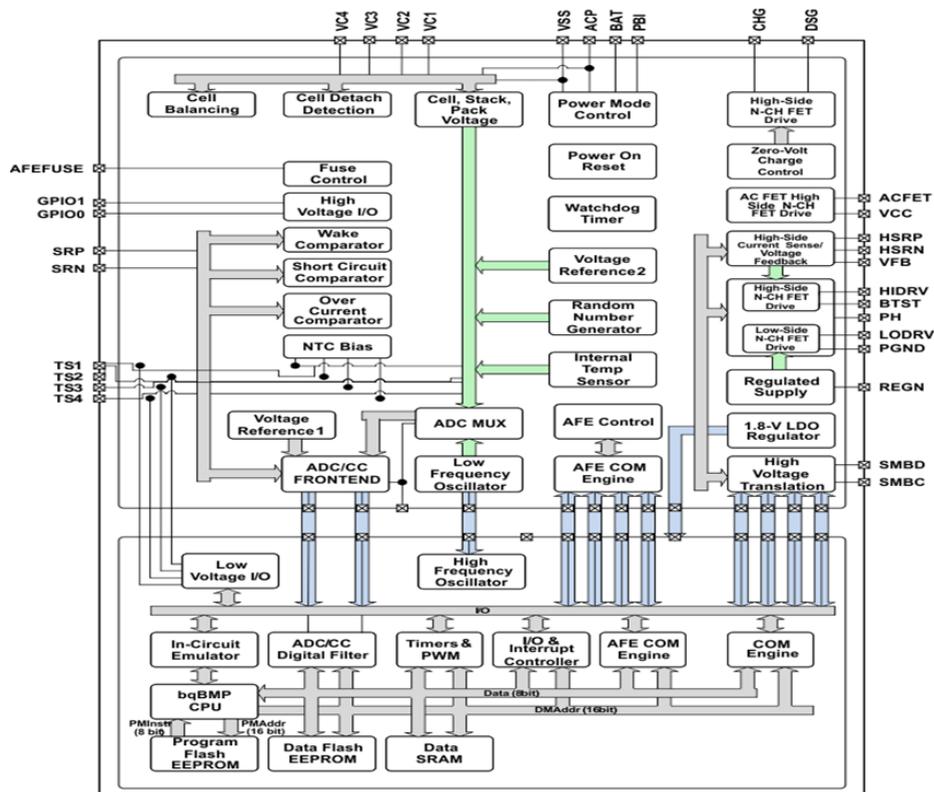


Рис. 1.4.5. Структурная схема контроллера BQ40Z60

Расшифровка терминов на рисунке 1.4.5 дана в таблице 1.4.3.



Таблица 1.4.3.
Расшифровка терминов на рисунке 1.4.5.

№	Наименование	Расшифровка
1	Cell Balancing	Балансировка банок
2	Cell Detach Detection	Обнаружение отключенной ячейки
3	Cell, Stack, Pack Voltage	Ячейка, стек, уставки напряжения
4	Power Mode Control	Управление режимом мощности
5	High-Side N-CH FET Drive	Драйвер управления зарядом
6	Power On Reset	Сброс при включении
7	Zero-Volt Charge Control	Беспотенциальный контроль заряда
8	AFE FUSE	Вывод AFE FUSE
9	Fuse Control	Контроль предохранителя
10	GPIO1 GPIO0	Входы внешнее напряжение
11	High Voltage I/O	Ввод/вывод вн. напряжения
12	Watchdog Timer	Сторожевой таймер
13	AC FET High Side N-CH FET Drive	ACFET вн. стороне N-CH
14	ACFET	Управление напряжением питания
15	VCC	Напряжение питания
16	Wake Comparator	Компаратор пробуждения
17	SRP	Контакт SRP
18	High-Side Current Sense/ Voltage Feedback	Измерение тока на стороне вн. напряжения/ обратная связь по напряжению
19	HSRP HSRN VFBSRN	Контакты ...VFB
20	Short Circuit Comparator	Компаратор короткого замыкания
21	Voltage Reference 2	Опорное напряжение 2
22	High-Side N-CH FET Drive	Привод N-CH FET на стороне вн. напряжения
23	Over Current Comparator	Компаратор перегрузки по току
24	Random Number Generator	Генератор случайных чисел
25	HIDRV BTSTPH	Контакты HIDRV, БТСТ, РН



26	Low-Side N-CH FET Drive	Привод N-CHFET с нижней стороны
27	LODRV ,PGND	Контакты ...ПГНД
28	NTC Bias	Смещение
29	TS1 TS2 TS3 TS4	Контакты TC1TC2TC3TC4
30	Internal Temp Sensor	Внутренний датчик температуры
31	Regulated Supply	Регулировка мощности
32	REGN	Контакт ...
33	Voltage Reference 1	Опорное напряжение 1
34	ADC MUX	АЦП мультиплексор
35	AFE Control	Контроль АФЭ
36	1.8-V LDO Regulator	LDO-регулятор1,8 В
37	SMBD SMBC	СМБД, СМБК
38	ADC/CC FRONTEND	Фронтальная АЦП/СС
39	Low Frequency Oscillator	Низкочастотный генератор
40	AFE COM Engine	Модуль связи АФЭ
41	High Voltage Translation	Высокое напряжение Перевод
42	Low Voltage I/O	Ввод/вывод низкого напряжения
43	High Frequency Oscillator	Высокочастотный генератор
44	In-Circuit Emulator	Внутрисхемный эмулятор
45	ADC/CC Digital Filter	Цифровой фильтр АЦП/СС
46	Timers & PWM	Таймеры и ШИМ
47	I/O & Interrupt Controller	Контроллер ввода-выводаи прерываний
48	AFE COM Engine	Модуль связи АФЭ
49	COM Engine	СОМ-движок
50	Data (8bit)	Шина Данных (8 бит)
51	BQBMP CPU	Процессор bqBMP
52	DMAAddr (16bit)	Адресная шина (16 бит)
53	PMInstr (8 bit)	Програм. Шина дан. (8 бит)
54	PMAddr (16 bit)	Прогр. Адр. шин (16 бит)
55	Program Flash EEPROM	флэш-память Программ электрически перезап
56	Data Flash EEPROM	Флэш-память данных электрически перезап
57	Data SRAM	Озу данные



Ni-MH аккумуляторы более чувствительны к перезаряду, чем Ni-Cd. Перезаряд может привести к тепловому разгону. Зарядка как правило производится током $I_z=0,1C$ на протяжении 15 часов. Компенсационный подзаряд производят током $I_z=0,01-0,03C$ на протяжении 30 часов и более.