

Akkumulátorok



Lítium-ion (és LiPo) akkumulátorok

A lítium akkumulátor célú alkalmazását, illetve annak a lehetőségét először a 70-es években a müncheni Technikai Egyetemen (**TU München**) tárták fel. Sok időnek kellett eltelnie, hogy a Lilon tárolók valóban piacra is kerüljenek, erre a 90-es évektől fokozatosan került sor. A lítium bázisú tárolók sok kémiai összetétellel is alkalmazásra kerülnek, így a leggyakoribb *lítium-kobalt-dioxid-akkumulátorok* (**LiCoO₂ – LCO**) mellett megtalálhatók a *lítium-mangán-dioxid* (**LMO**), és a *lítium-foszfát-akkumulátorok* (**LFP**), ritkábban pedig a *lítium-titanát* (**LTO**) és az ón-kén-lítiumion akkumulátorok is. A fizikai jellemzőik nagyjából megegyeznek ezeknek, azaz a fajlagos energiatárolási kapacitásuk **150 Wh / kg**, energiasűrűségük **400 Wh / l** körül alakul.

A Lilon akkumulátorok nem igazán képesek megbirkózni a túltöltéssel és a túlmerítéssel sem, így alkalmazásuk során szinte minden esetben védő-elektronikát (**BMS – battery management system**) igényelnek. A túlmelegedés az egyik gyenge pontja a típusnak, ugyanis 180 fok felett olyan kémiai reakciók indulnak be a tárolókban, amik azoknak a felrobbanásához vezethetnek. A tárolókban nem keletkeznek kristályok, így ez az akkumulátor típus nem hajlamos a memória-effektusra. A Lilon bázisú akkumulátorok sok előnye mellett soha nem szabad elfelejteni a hátrányukat, hogy tűzveszélyesek túltöltés és fizikai sérülések esetén!

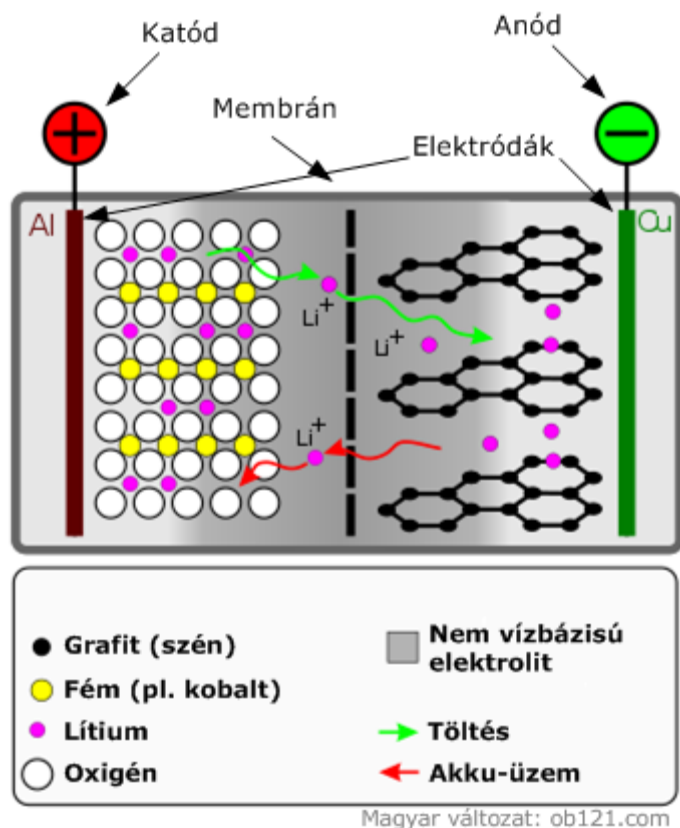
Az akkumulátorok túlmerítése szintén a telepek tönkremenetéhez vezet, így a gyártók jellemzően egy túlmerítés-védelmet (*Low Voltage Cutoff – LVC*) is beépítenek az egységeikbe. Ezek az akkumulátor tápvezetékét szakítják meg akku-üzemben, ha a feszültség a 3,2V-os szintet alulhaladja. Ez persze vagy működik, vagy nem, így érdemes a túlmerítést a felhasználói oldalról is valamilyen hardveres megoldással tiltani.

A harmadik védelmi lehetőség (amit a komolyabb töltők tudnak) a hőmérséklet-felügyelet (*Positive Temperature Coefficient Switches: PTC*), és az erre épülő töltés közbeni leoldás-védelem.

Ezeket a védelmeket együttesen töltésmegszakító egységeknek, azaz *Charge Interrupt Devices* (**CID**) szokás nevezni.

Lítium-ion akkumulátor

A Lilon akkumulátorokban a katód (pozitív pólus) tartalmazza a lítium vegyületeket, a negatív pólus általában grafitból (vagy valamilyen szénvegyületből) áll. A membránon a lítium-ionok szabadon átjárhatnak, töltéskor az anód, áramleadás idején a katód felé áramlanak az elektrolitban. Az elektrolit *lítium-hexafluorofoszfát* (**LiPF₆**), vagy kevésbé korrodáló *lítium-tetrafluoroborát* (**LiBF₄**) oldatából áll.



A Lilon akkumulátorok alapja szinte minden esetben a cella, ennek többszöröseivel lehet a feszültséget számolni. A lítium-kobalt-dioxid (LCO) tárolók esetén egy cella 3,7 V-os lehet (LiPo esetén ez az érték 3,3 V körül alakulhat).

Lítium-polimer akkumulátor

A **LiPo**, vagyis lítium-polimer akkumulátor egy speciálisan kialakított Li-Ion tároló. Ebben az esetben a Li-Ion folyadék elektrolit konstrukciót egy szilárd, zselatinos (polimer-alapú) fóliával cserélték le, és ez az átalakítás a tároló fizikai jellemzőire is jelentős hatással van. Összetételük miatt a LiPo cellák sokkal sokoldalúbban alakíthatók ki, és robbanásra is kevésbé hajlamosak, viszont energiatárolási kapacitásuk jóval alacsonyabb a Lilon akkumulátoroknál.

A Lilon és LiPo tárolók összehasonlítása

jellemző	Lilon	LiPo
Öregedés	A kapacitását idővel elveszti	A kapacitását lassabban veszti, mint az Li-Ion
Energiatárolás	magas	alacsonyabb, mint a Li-Ion
Tárolási veszteség	5-15%	15-25%
Biztonság	Túltöltés esetén túlmelegedés, robbanás lehetséges	biztonságosabb, mint az Li-Ion (de a gyulladás / robbanásveszély fennáll)

jellemző	LiIon	LiPo
Költségek	Alacsony	kb egyharmadával drágább, mint az Li-Ion
Súly	Nehezebb	Könnyebb
Töltési idő	lassabb	Gyorsabb
Jellemző kivitelezés	Hengeres kivitel	Lapos tasakcellák

Kivitelezés

A legjellemzőbb megjelenési formái a Li-Ion akkumulátoroknak:

Lapos tasakcellák: Ezek lapos kivitelezésű, alumíniumozott polimer fóliába csomagolt cellák, jellemzően (kizárólag) LiPo egységek, melyek formájuk okán könnyen integrálhatók mobiltelefonokba, fényképezőgépekbe, e-book-olvasókba,...



Hengeres kivitel: A két elektródát és az elektrolit zselét egymásra rétegezik, majd feltekercselik hengerré. Ezek a hengerek egységes (normalizált) méretűek:



A számozás ezeknél a tárolóknál két részből áll össze: először a henger átmérője, aztán a hossza (milliméterben) jellemzi a tároló méretét. A leggyakrabban alkalmazott **18650** például 18 mm átmérőjű és 650 mm magas.

Névleges kapacitás

A telep kapacitását, azaz, hogy mennyi villamos energiát képes betárolni, *Amperórában (Ah)*, vagy ennek az ezredrészében, *milliamperórában (mAh)* szokás megadni. A névleges és a valós kapacitás eltérési aránya nagyon sok paramétertől függ, pl. az akkumulátor életkora, használati ciklusok száma, környezeti hőmérséklet, gyártó lódítási rátája, így azt lehet mondani, hogy a valós kapacitás csak a használat során fog kiderülni.

C-ráta

A *kisülési ráta (Discharge rate)*, vagyis **C-ráta** arról árulkodik, hogy a betárolt villamos energiát az akkumulátor milyen dinamikával hajlandó visszaadni. Ezt a dinamikát a kapacitás függvényében határozzák meg, az 1:1 dinamikájú akku 1C-s. Megfordítva ez azt jelenti, hogy ha egy akkumulátor kapacitása 1800 mAh, és C-rátája 5, akkor $5 \times 1,8$, azaz 9 amper tud egyidejűleg leadni.

Névleges feszültség

Már említettem, hogy a Lilon és LiPo cellák jellemző névleges feszültsége **3,7 volt**, ami persze típusonként változhat. Ezeknél az akkumulátoroknál a feszültség szint jellemzően **4,2V** (*teljes töltés*) és **3,2V** (*minimum*) között változhat. A túltöltés tönkremenetelhez, vagy adott esetben kigyulladásához és robbanáshoz is vezethet, míg a túlmerítés csak simán tönkreteszi az akkut. A névleges feszültség a sorba kapcsolt cellák számával változik (a 3,7V valahányszorosra lesz). A névleges feszültséget (meg még pár paramétert) jelentősen befolyásolhat a Lilon akkumulátor típusa (anyaga).

Típus (anyag)

Típus	Névleges feszültség üzemi feszültség	Kapacitás	Töltés (c-ráta) Lemerítés (c-ráta)	Max. életciklus hőmérséklet
-------	---	-----------	---	-----------------------------------

Típus	Névleges feszültség üzemi feszültség	Kapacitás	Töltés (c-ráta) Lemerítés (c-ráta)	életciklus	Max. hőmérséklet
LCO Lítuim-kobaltdioxid LiCoO_2	3,6 V 3,0..4,2 V	150-200 Wh/kg	0,7..1 C 1C	500-1000	150 °C
LMO Lítuim-magnéziumoxid LiMn_2O_4	3,7..3,8 V 3,0..4,2 V	100-150 Wh/kg	0,7..1 C max. 3 C 1C max. 10C	300-700	250 °C
NMC lítium-nikkel-mangán-kobalt- dioxid LiNiMnCoO_2	3,6..3,7 V 3,0..4,2 V	150-200 Wh/kg	0,7..1 C 1C max. 2C	1000- 2000	210 °C
LFP lítium-vasfoszfát- oxid LiFePO_4	3,2..3,3 V 2,5..3,65 V	90-120 Wh/kg	1 C 1C max. 25C	1000- 2000	270 °C

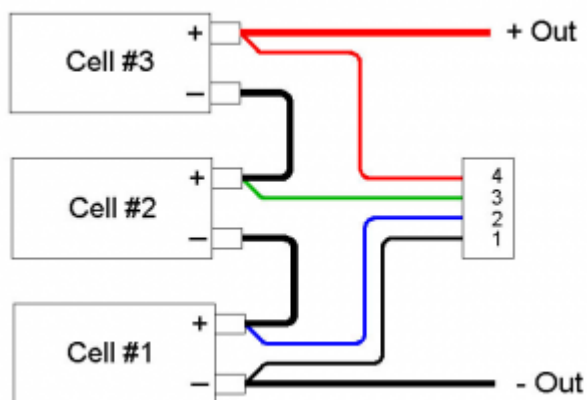
Konfiguráció

A Li-Ion cellákat egymással sorba és párhuzamosan is lehet kapcsolni. A soros *kapcsolás* esetén az „**S**”-vel, *párhuzamos* esetén a „**P**”-vel szokás ezeket a konfigurációkat jelölni. A 4S például 4, egymás után kapcsolt cellát jelöl, ahol ezeknek a feszültségei összeadódnak, így (tipikus esetben) $4 \times 3,7\text{V} = 14,8\text{V}$ -ot kapunk eredményül, azaz ekkora feszültséget fog leadni az egység.

Soros konfigurációk	Min. feszültség	Névleges feszültség	Max. feszültség
1S	3,2 V	3,7 V	4,2 V
2S	6,4 V	7,4 V	8,4 V
3S	9,6 V	11,1 V	12,6 V
4S	12,8 V	14,8 V	16,8 V
5S	16 V	18,5 V	21 V
6S	19,2 V	22,2 V	25,2 V
7S	22,4 V	25,9 V	29,4 V
8S	25,6 V	29,6 V	33,6 V

A fenti értékek csak irányadók, típusonként változhatnak

A sorba kapcsolt cellák esetén ügyelni kell arra, hogy a töltöttségi szintet cellánként lehessen felügyelni. Ezt a gyakorlatban úgy szokás megoldani, hogy a két szélső sorba kapcsolt cellára csatlakoztatják az ennek megfelelően méretezett tápvezetékét, míg egy külön csatlakozón a cellánkénti elérést is lehetővé teszik a gyártók, valahogy így:



Ez a gyakorlatban így néz ki:

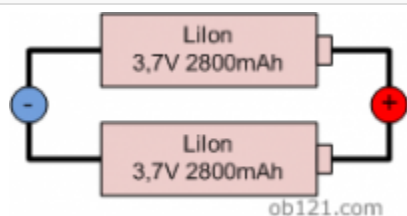


A párhuzamosan csatolt cellák esetén a feszültség nem változik, viszont az áramértékek összeadódnak.



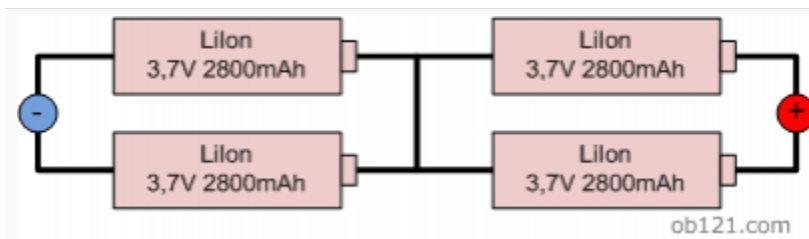
3S:

Névleges feszültség: 11,1 V
Névleges kapacitás: 2800 mAh



2P:

Névleges feszültség: 3,7 V
Névleges kapacitás: 5600 mAh



2S2P:

Névleges feszültség: 7,4 V

Névleges kapacitás: 5600 mAh

Csatlakozó-típusok



JST-XH

A leggyakoribb csatlakozótípus.

Használatkor ügyelni kell arra, hogy kihúzásakor soha ne a vezetéket fogja meg, hanem a csatlakozót, mivel a vezetékeket

nagyon könnyű kitépni a foglalatukból.

A cellánkénti „balance” csatlakozó is jellemzően ebből a típusból kerül ki.



Thunder Power

A Thunder Power és Flite Power akkumulátoroknál alkalmazott csatlakozó.



XT-60

A HobbyKing által fejlesztett / szabadalmazott csatlakozón már nincs védelem, sok gyártó él is a használatával. Viszonylag gyakori típus, könnyen forrasztható.



Venom

A Venom akkumulátorokhoz fejlesztett csatlakozó nem túl népszerű a felhasználók körében, gyakran csak egy megjegyzés olvasható mellette: „forraszd át valami használhatóbbra!”

	Anderson Eredetileg az amatőr rádiózásnál használták a típust 12V DC csatlakozókhoz, de az akkumulátoroknál is fel szokott bukkanni.
	EC3 A Horizon Hobby vezette be a típust a piacra, amikor a Tamiya helyett keresett más megoldást.
	Tamiya (Molex) Nagy ellenállása miatt közutálatnak örvendő csatlakozót a Tamiya vezette be a piacra. Szinte minden esetben a megjegyzés mellette: „Forraszd át!”
	Traxxas Közkedvelt nagy áramú csatlakozó. Polaritásvédelemmel van ellátva, egyszerűen használható.
	Deans A felhasználók által talán legkedveltebb típus. Viszonylag körülményes a forrasztása, de polaritásvédelemmel van ellátva és egyszerűen használható.

Élettartam / belső ellenállás

A Li-Ion akkumulátorok egyik fontos élettartami jellemzője a belső ellenállás. Ez a használat során szép lassan emelkedik, de a környezeti hőmérséklet függvényében rövid távon is változhat. Ráadásul a magas C-rátájú akkumulátoroknak általában alacsony a belső ellenállása. A belső ellenállás a töltés közben hőt termel a cellán belül és ez kémiai reakciókhoz, gázfelszabaduláshoz vezet. Ilyenkor az

akkumulátor elkezd lassan (vagy rossz esetben meglehetősen gyorsan) felpuffadni. Ez gyakorlatilag az akkumulátor élettartamának a végét is jelenti.

A belső ellenállás egy nagyobb teljesítményű (>1W) egy ohm-os ellenállással viszonylag egyszerűen mérhető, csak éppen – saját tapasztalat -ennek a mérésnek önmagában semmi értelme. Túl sok minden tudja befolyásolni a belső ellenállást – környezeti hőmérséklet, típus, konfiguráció, ... – így egy akkumulátor belső ellenállási értéke gyakorlatilag semmit nem árul el annak állapotáról. Valószínűleg a belső ellenállás-értéket folyamatosan (mintavételekkel) kell ellenőrizni, a hőmérséklettel kell korrigálni, és úgy már talán ki lehet belőle hozni valami használhatót...

A felszabaduló gáz, ami felpuffasztja az akkumulátor csomagot, jórészt a felszabaduló oxigénből áll, ami robbanásveszélyessé teszi az egységet, ráadásul az, a megnövekedett belső ellenállás miatt egyre inkább fel fog melegedni.

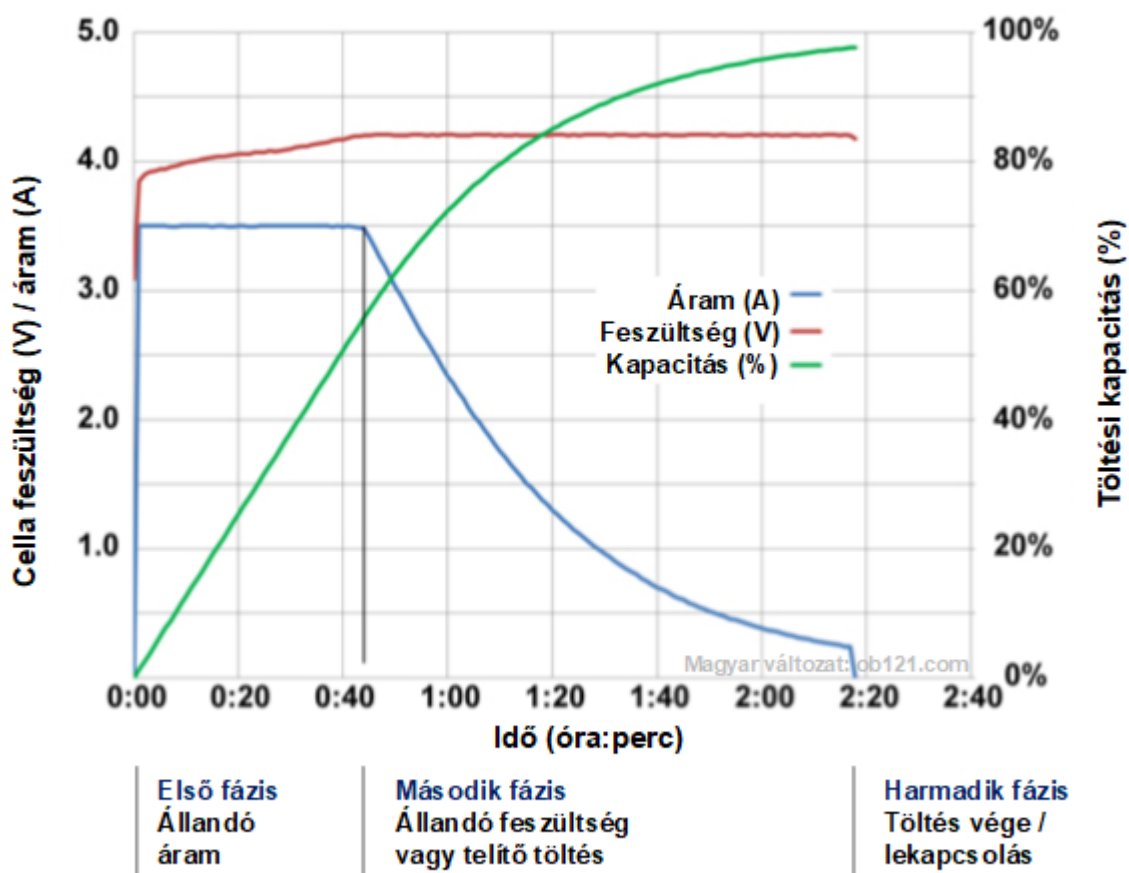
Ha az ilyen felhevült és felduzzadt akkumulátort kilyukasztja, azzal legalább tüzet, de inkább robbanást fog kiváltani, mivel a távozó és felhevült lítium reagál a levegő páratartalmával, és tovább hevül. Ilyen esetben a legbiztonságosabb ezeket a cellákat kevésbé tűzveszélyes és hideg közegbe tenni, megvárni, míg kihűlnek és kidobni:



A Lilon akkumulátorok töltése

Karakterisztika

A töltéshez mindenképpen Li-Ion kompatibilis töltővel kell rendelkezünk. Ez az akkumulátor fizikai jellemzőit követően egy állandó áramú és feszültségű (*Constant Current / Constant Voltage CC/CV*) töltő lehet. Ezek általában úgy működnek, hogy a töltés során tartják az állandó áramot mindaddig, amíg a cellánkénti feszültség el nem éri a 4,2V-os maximumát, utána pedig az állandó feszültséget.



Balancing

Fontos, hogy a cellák mindegyike azonos mértékben töltődjön, ez az ún. „balancing” funkció, ami szintén ezeknek a töltőknek a sajátja. Az NiMH és NiCd akkumulátorokhoz impulzus-töltőket lehet alkalmazni, ezek jó eséllyel a Lilon egységeket hazavághatják, de legalábbis csökkentik az élettartamukat.

Töltés időtartama

Amennyiben a gyártó másként nem rendelkezik, ez 1C lehet, azaz a névleges kapacitással megegyező módon és dinamikával lehet visszatölteni. Ez azt jelenti, hogy például a 800 mAh-s egységeket maximum 0,8A-rel szabad tölteni.



Amennyiben a gyártó másként ítéli meg a dolgot, például fent, a „2C charge rate” felirattal, amivel ennek a kétszeresét is megengedi, eltérhetünk az arany szabálytól – persze csak akkor, ha ezt a töltőnk is lehetővé teszi.

Párhuzamos töltés

Nagyon sokan (nem mindenki!) egyetértenek azzal a kijelentéssel, hogy a Lilon akkumulátorokat soha nem szabad házilag párhuzamosan töltetni. Ezzel ugyanis az a probléma, hogy a soros töltéssel szemben itt nem kísérhető figyelemmel az összes cella paramétere, így az adott cellák túltöltése rejtve maradhat.

Ez abban az esetben fordulhat elő, ha a párhuzamosan kötött celláknak nem egyezik meg az összes belső paramétere (kémiai összetétel, kapacitás,...). Nyilván, amikor gyárilag építik össze az akkumulátor-konfigurációkat, ott ez a hiba a pontos mérésekkel elkerülhető, de házilag egy csaknem lehetetlen. Mindenesetre ha valaki a párhuzamos töltés mellett dönt, az alábbi szabályokra ügyeljen:

- Ügyeljen mindig az egységek túlmelegedésére, ne töltse ezeket tűzveszélyes környezetben
- Mindig azonos konfigurációjú és lehetőség szerint azonos típusú egységeket töltson
- A töltési C-rátát semmiképpen se haladja meg
- A töltésre kerülő egységek közötti feszültségkülönbség ne haladja meg a 0,2 V-ot
- Ha van a töltőn és az egységeken cellánkénti (balancing) csatlakozó, mindenképpen használja

Soros töltés

A soros töltésnél lehetőség szerint olyan töltőegységet kell beszerezni, amibe a töltővezetéken kívül a cellánkénti csatlakozó is beilleszthető.

Tárolás

A régi típusú akkumulátorok esetén a teljes feltöltést követően elég volt ezeket feldobni a polcra, és onnan leemelni a következő felhasználásukkor. A Lilon ennél sajnos jóval kényesebb. Tárolása előtt a cellák feszültségét 3,8V-ra kell beállítani. Sajnos tárolás közben sem szabad elfelejteni, hogy a Lilon akkumulátorok tartalma gyűlékony, és a begyújtáshoz szükséges energia is ott lapul bennük: az egységeket tűzzáró dobozokban, de minimum nem gyűlékony környezetben kell tárolni.

Töltők

Az ideális töltővel szemben támasztott követelmények:

- **CC/CV**: állandó áram és feszültség
- több konfiguráció töltésére is alkalmas legyen (1S, 2S, 3S, 4S,...)
- legyen cellánkénti csatlakozója (**balancing**)
- többféle csatlakozótípus is legyen hozzá (ez házilag is megoldható)
- **CID**: rendelkezzen a töltési védelmekkel (Charge Interrupt Devices):
 - **LVC**: túlmerítés-védelem (Low Voltage Cutoff)
 - **OVP**: túláram-védelem (Over Voltage Protection)
 - **PTC**: hőmérséklet-felügyelet (Positive Temperature Coefficient Switches)

Ezen kívül jó, ha tudja az alábbi módokat:

- **balance charge**: cellánként kiegyenlített (lassú, de kíméletes) töltés
- **fast charge**: mindent bele
- **discharge**: lemerítés a minimumig, mondjuk olyankor, ha felpuffadt az akkumulátor
- **storage charge**: tárolási feszültség beállítása, mielőtt eltesszük az akkumulátort