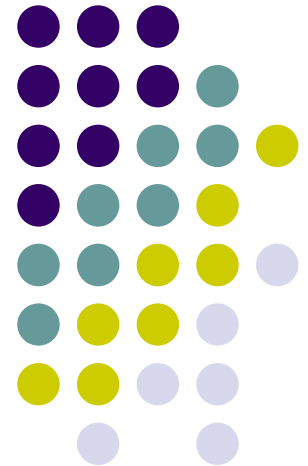


Napájecí zdroje Akumulátory

Hardware



Napájení z baterie

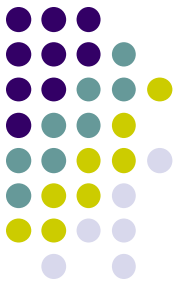


- Všechna **mobilní zařízení** (smartphone, tablet, UMPC, notebook, PDA, GPS...) mají možnost napájení z baterie či akumulátoru
- V **elektrickém galvanickém článku** dochází mezi elektrodami a elektrolytem k chemickým reakcím, které způsobí vznik elektrického napětí
- **Primární článek** - napětí článku se po vybití nedá obnovit, chemický proces je nevratný – článek se pouze vybíjí
- **Sekundární článek** - článek se dá znova nabít (nelze to ale opakovat donekonečna, postupně dochází ke ztrátě kapacity a zvýšení vnitřního odporu), chemický proces je obousměrný, nazýváme ho obvykle **akumulátor**
- **Primární články** (nelze nabíjet) se v současné době ve výpočetní technice používají pouze zcela výjimečně
- Setkáme se s nimi typicky v roli záložní baterie, která udržuje obsah malé CMOS SRAM paměti s nastavenými parametry (SETUP), které potřebuje znát BIOS pro start počítače a pro udržení chodu hodin reálného času (zálohovaná SRAM)
- Prakticky ve všech ostatních případech se dnes setkáme s **akumulátory**

Baterie



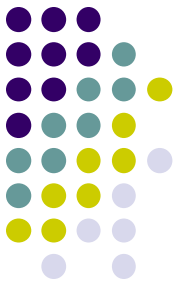
- Články se obvykle spojují **do série** pro dosažení **vyššího elektrického napětí**, než jaké by bylo napětí jediného článku
- **Baterií** se exaktně rozumí zdroj elektrické energie, realizovaný jako sada sériově spojených elektrických článků – dnes ale běžné označujeme pojmem baterie i jeden samostatný článek (např. *tužková baterie*)
- Celkové napětí baterie je dáno součtem dílčích napětí jednotlivých článků v baterii
- Při **paralelním** spojení článků zůstává elektrické **napětí stejné**, baterie jako celek však snese vyšší zatížení (lze odebírat paralelně proud z více článků vedle sebe)
- Paralelním zapojením zdrojů se snižuje vnitřní odpor celkového zdroje a ten pak může dodávat větší elektrický proud. Paralelně spojovat je možno jen stejné články (typ i stupeň vybití), jinak vyrovnávací proudy mezi jednotlivými články (s různým napětím) mohou způsobit i explozi vybitého článku
- Spojením několika článků vzniká **bateriový akumulátor**
- Bateriové zapojení akumulátorů (jedno zda sériově nebo paralelně) snižuje jejich životnost a kvalitu



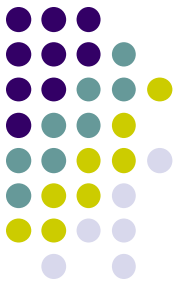
Napájení z baterie

- Základní parametry akumulátoru
 - **Napětí** (udáváme ve Voltech)
 - **Typ** použitých článků
 - **Počet článků**
 - **Kapacita** (udáváme v mAh, Ah nebo Wh)
 - **Vnitřní odpor** (udáváme v Ohmech)
 - **Životnost**
 - Udává se počet nabíjecích cyklů, které akumulátor přežije než dojde k výraznější ztrátě kapacity nebo zvýšení vnitřního odporu
 - **Nabíjecí proud**, doba nabíjení
 - **Maximální proud**, který lze odebírat (při překročení může dojít ke zničení akumulátoru nebo dokonce explozi)
 - **Samovybití** (akumulátor se vybíjí, i když není odebírán proud)
 - **Paměťový efekt** (jak se na kapacitě projeví nabíjení ne zcela vybitého akumulátoru nebo neúplné nabíjení)
 - **Rozměry a hmotnost** v poměru ke kapacitě (Wh/kg, Wh/dm³)
 - **Provozní teploty** (některé akumulátory nepracují v zimě, některé nesnáší teplo)

Vnitřní odpor

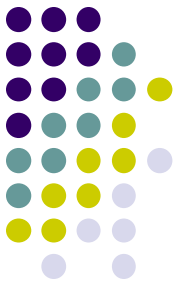


- Čím nižší, tím je akumulátor lepší (tvrdší) a bude schopen dodávat vyšší proud a při zatížení nebude klesat jeho napětí.
- Kdyby akumulátor neměl žádný vnitřní odpor, dodával by při zkratu nekonečný proud
- Například 12 V akumulátor s vnitřním odporem 1 Ohm bude schopen dodat maximálně proud 12 Ampér (při zkratu). Při odběru proudu 5A jeho svorkové napětí poklesne na 7 Voltů.
- Vnitřní odpor akumulátorů se stárnutím zvyšuje.
- Staré akumulátory někdy nedokáží „nastartovat“ notebook – proud při roztáčení pevného disku a současném zapnutí všech komponent je tak vysoký, že napětí akumulátoru prudce klesne (velký úbytek napětí na vnitřním odporu při odběru vysokého proudu)
- Pokud se notebook zapne při napájení síťovým zdrojem a ten se pak odpojí, akumulátor již pak notebook v chodu udrží (proud již není tak vysoký)
- Vnitřní odpor se obvykle označuje **R_i**



Vnitřní odpor

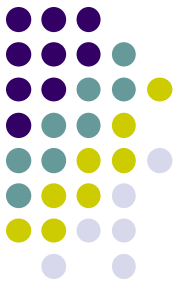
- Příklad
- Akumulátor má napětí 4,2 V a vnitřní odpor 0,1 Ω
- Jaký maximální proud z akumulátoru poteče při jeho zkratu?
- $I_{\max} = U / R_i = 4,2 \text{ V} / 0,1 \text{ } \Omega = \underline{42 \text{ A}}$
- Z akumulátoru poteče při zkratu proud 42 A



Vnitřní odpor

Příklad

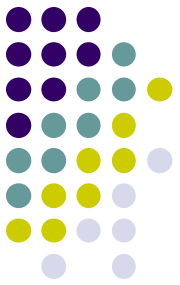
- Akumulátor má napětí 4,2 V a vnitřní odpor 0,1 Ω
- Jak poklesne svorkové napětí akumulátoru při odběru proudu 10 A ?
- Při odběru proudu 10 A bude na vnitřním odporu úbytek napětí
- $U_{Ri} = I \times R_i = 10 \text{ A} \times 0,1 \text{ } \Omega = 1 \text{ V}$
- Svorkové napětí akumulátoru U_s tedy klesne o úbytek na vnitřním odporu
- $U_s = U - U_{ri} = 4,2 \text{ V} - 1 \text{ V} = \underline{3,2 \text{ V}}$
- Při odběru proudu 10 A tedy je tedy zařízení napájeno napětím pouze 3,2 V a akumulátor mu dodává výkon 32 W (10 A x 3,2 V)
- Akumulátor se bude zahřívat, protože na jeho vnitřním odporu se ztrácí 10 W
 $10 \text{ W} = (10 \text{ A} \times 1 \text{ V})$



Vnitřní odpor

Příklad

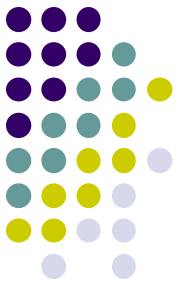
- Akumulátor má napětí 12 V
 - Při odběru proudu 2 A pokleslo napětí na svorkách akumulátoru na 11 V
 - Jaký má akumulátor vnitřní odpor?
 - Jaký proud poteče při zkratu?
-
- Při odběru proudu 2 A je na vnitřním odporu úbytek napětí 1 V
 - $U_{Ri} = U - U_s = 12V - 11 V = 1V$
-
- Hodnotu vnitřního odporu spočítáme dle Ohmova zákona
 - $R_i = U_{Ri} / I = 1 V / 2 A = \underline{0,5 \Omega}$
-
- Při zkratu poteče proud
 - $I_{max} = U / R_i = 12 V / 0,5 \Omega = \underline{24 A}$



Vnitřní odpor

Příklad

- Akumulátor notebooku má napětí 12 V
- Napětí nesmí poklesnout pod 9 V, jinak by došlo k vypnutí zařízení
- Akumulátor je již starý a má velký vnitřní odpor $R_i = 0,75 \Omega$
- Jaký maximální proud lze odebírat, aniž by se notebook vypnul?
- Jaký maximální příkon smí notebook odebírat?
- Maximální úbytek na vnitřním odporu akumulátoru smí být 3 V
- $U_{R_i} = U - U_s = 12V - 9V = 3V$
- Při jakém odebíraném proudu bude na vnitřním odporu úbytek 3 V ?
- $I = U_{R_i} / R_i = 3V / 0,75 \Omega = \underline{4A}$
- Je-li notebook z akumulátoru napájen napětím, které kleslo na 9 V a při tom odebírá proud 4A, pak jeho příkon je $P = U_s \times I = 9V \times 4A = 36W$
- Z akumulátoru lze odebírat proud 4 A (36 W). Při odběru vyššího proudu by pokleslo svorkové napětí akumulátoru pod 9 V a notebook by se vypnul



Vnitřní odpor

Příklad

- Akumulátor notebooku má napětí 12 V
- Napětí nesmí poklesnout pod 10 V, jinak by došlo k vypnutí zařízení
- Notebook může odebírat až 5 A
- Jaký maximální vnitřní odpor smí mít akumulátor, aby byl schopen notebook napájet?
- Maximální úbytek na vnitřním odporu akumulátoru smí být 2 V
- $U_{Ri} = U - U_s = 12V - 10 V = 2 V$
- Při tomto úbytku má být odebírán proud 5A, takže pro R_i musí platit
- $R_i = U_{Ri} / I = 2 V / 5 A = \underline{0,4 \Omega}$
- Akumulátor notebooku by měl mít vnitřní odpor maximálně 0,4 Ω , aby mohl dodávat proud 5 A při poklesu svorkového napětí na 10 V

Kapacita (Ah)



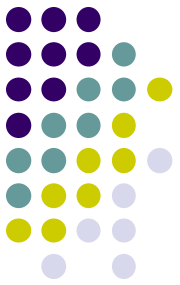
- Kapacita akumulátoru se může udávat v **mAh** nebo **Ah** (1 Ah = 1000 mAh)
- **Ah = Ampérhodina**
- **mAh = miliampérhodina**
- Kapacita udávaná v Ah vyjadřuje **součin proudu a času** během kterého se akumulátor tímto proudem vybije
- Akumulátor s kapacitou 1 Ah může dodávat proud 1A po dobu jedné hodiny, než se vybije

Kapacita (Ah)



Příklad

- Akumulátor mobilního telefonu má kapacitu 2400 mAh
- Za jak dlouho se vybije, jestliže telefon v klidu odebírá proud 50 mA ?
- $t = \text{KAPACITA} / I = 2400 \text{ mAh} / 50 \text{ mA} = \underline{48 \text{ hodin}}$
- Akumulátor mobilního telefonu v klidu se vybije za 48 hodin



Kapacita (Ah)

Příklad

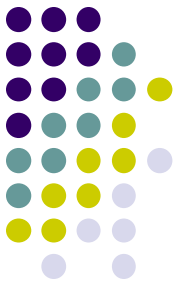
- Model kvadrokoptéry má akumulátor s kapacitou 120 mAh
- Kvadrokoptéra má odběr 720 mA
- Jak dlouho lze s kvadrokoptérou létat, než se vybije akumulátor?
- $t = \text{KAPACITA} / I = 120 \text{ mAh} / 720 \text{ mA} = \underline{1/6 \text{ hodiny} = 10 \text{ minut}}$
- Akumulátor kvadrokoptéry se vybije po 10 minutách letu
- Akumulátor se vybíjí 6x větším proudem, než jakým by se vybil za hodinu – to se také někdy vyjadřuje tak, že se vybíjí proudem **6C**

Kapacita (Ah)



Příklad

- Model autíčka má akumulátor s kapacitou 500 mAh
 - Při maximální rychlosti se akumulátor vybíjí rychlostí 10C
 - Jak rychle se akumulátor vybije?
 - Jaký proud autíčko při maximální rychlosti odebírá?
-
- Vybíjení rychlostí 10C = vybíjení desetkrát vyšším proudem, než kterým by se vybil akumulátor za hodinu
 - Akumulátor se tedy vybije za desetinu hodiny – $t = 0,1 \text{ hod} = \underline{6 \text{ minut}}$
 - $I = 10 \times 500 \text{ mA} = 5000 \text{ mA} = \underline{5 \text{ A}}$



Kapacita (Ah)

Příklad

- Elektrická koloběžka má akumulátor s kapacitou 7800 mAh
- Při konstantní rychlosti 25 km/h byl naměřen dojezd 30 km
- Jaký proud při jízdě touto rychlostí koloběžka odebírá?
- Koloběžka ujela 30 km, tedy akumulátor se vybil za
- $t = s / v = \frac{30 \text{ km}}{25 \text{ km/h}} = 1,2 \text{ hod}$
- Proud, kterým se akumulátor vybíjel pak musel být
- $I = \text{KAPACITA} / \text{čas} = 7800 \text{ mAh} / 1,2 \text{ hod} = \underline{6500 \text{ mA}}$
- Koloběžka při jízdě rychlostí 25 km/h odebírá z akumulátoru proud 6,5 A

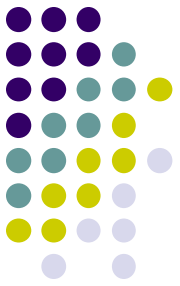
Kapacita (Ah)



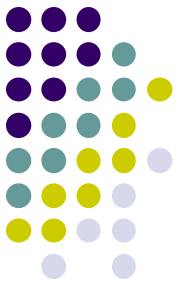
Příklad

- Akumulátor k leteckému modelu má kapacitu 260 mAh a umožňuje vybíjení proudem až 30C
- Jak rychle dokáže akumulátor uvolnit veškerou uloženou energii?
- Jakým maximálním proudem lze akumulátor vybíjet?
- Vybíjení proudem 30C = akumulátor lze vybit 30x větším proudem, než kterým by se vybíjel hodinu
- Akumulátor lze vybit za 1/30 hodiny
- $t = 1/30 \text{ hod} = \underline{2 \text{ minuty}}$
- $I = 30 \times 260 \text{ mA} = \underline{7800 \text{ mA}}$
- Tento akumulátor lze vybíjet běžně až proudem 7800 mA. Při tom vybije a uvolní veškerou uloženou energii za 2 minuty

Kapacita (Wh)



- Kapacita může být vyjádřena také ve **Wh (Watt hodiny)**.
- Kapacita ve **Wh** vyjadřuje lépe skutečné množství energie uložené v akumulátoru (bere v úvahu i napětí akumulátoru)
- Akumulátor s kapacitou 1 Wh se při odběru výkonu 1 Watt vybije za hodinu

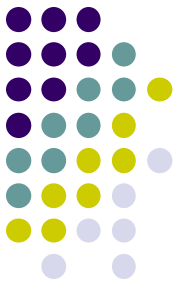


Kapacita (Wh)

Příklad

- Akumulátor má jmenovité napětí 3,7 V a kapacitu 2000 mAh
- Vyjádřete kapacitu ve Wh
- $KAPACITA (Wh) = KAPACITA (Ah) \times U$
- $KAPACITA (Wh) = 2000 \text{ mAh} \times 3,7 \text{ V} = \underline{7,4 \text{ Wh}}$

Kapacita (Wh)



- Akumulátor digitálního fotoaparátu má kapacitu 3,5 Wh a jmenovité napětí 3,7 V
- Uved'te kapacitu akumulátoru v mAh
- $KAPACITA (Ah) = KAPACITA (Wh) / U$
- $KAPACITA (Ah) = 3,5 Wh / 3,7 V = 0,945 Ah = \underline{945 mAh}$



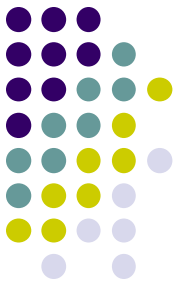
Kapacita (Wh)



- Tužková nabíjecí baterie (1,2 V NiMH akumulátor) má kapacitu **2400 mAh**
- 3,7 V Li-Ion akumulátor mobilního telefonu má také kapacitu **2400 mAh**
- Je tedy kapacita obou akumulátorů **stejná**?
- Pokud se podíváme pouze na hodnoty v mAh, pak by se mohlo zdát, že kapacita akumulátorů je stejná, ale to není pravda
- Kapacita udávaná v mAh není skutečnou mírou uložené energie – pouze nám říká, jak rychle se akumulátor vybije daným proudem
- Množství uložené energie je třeba vyjádřit ve Wh
- KAPACITA NiMH (Wh) = $2400 \text{ mAh} \times 1,2 \text{ V} = \underline{2,88 \text{ Wh}}$
- KAPACITA Li-Ion (Wh) = $2400 \text{ mAh} \times 3,7 \text{ V} = \underline{8,88 \text{ Wh}}$
- Přestože v mAh se zdá být kapacita stejná, ve skutečnosti může Li-Ion akumulátor dodat mnohem více energie a jeho kapacita vyjádřená ve Wh je tedy větší – záleží totiž také na **napětí**, které akumulátor dává

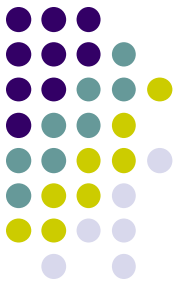


Kapacita (Wh)



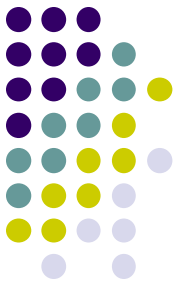
- Notebook s průměrným příkonem 20 W je vybaven akumulátorem s kapacitou 72 Wh
- Jak rychle se akumulátor při průměrné zátěži vybije?
- $t = \text{KAPACITA} / \text{PŘÍKON}$
- $t = 72 \text{ Wh} / 20 \text{ W} = \underline{3,6 \text{ hodiny}}$





Kapacita (Wh)

- Jak rychle se vybijí 12 V akumulátor s kapacitou 4000 mAh, který napájí zařízení s příkonem 24 W
- $KAPACITA (Wh) = KAPACITA (Ah) \times U$
- $KAPACITA (Wh) = 4 Ah \times 12 V = 48 Wh$
- $t = KAPACITA (Wh) / PŘÍKON = 48 Wh / 24 W = \underline{2 \text{ hodiny}}$



Komplexní příklad

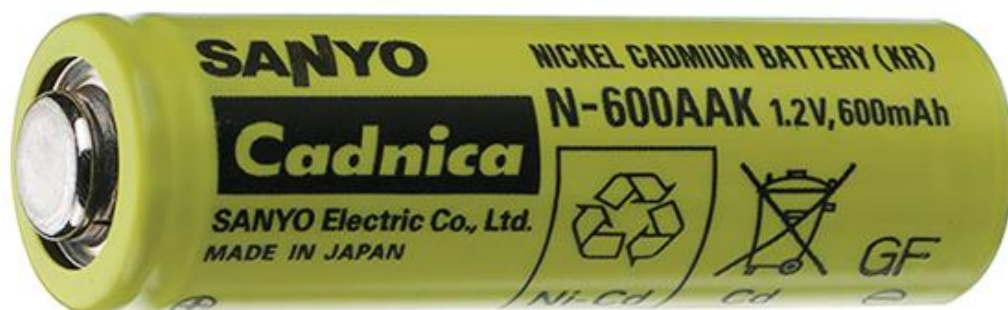
- 6 Voltový akumulátor má vnitřní odpor 0,2 Ohmů a kapacitu 2000 mAh. Napájené zařízení má odpor 1,8 Ohmů
1. Určete kapacitu akumulátoru ve Wh (**$2 \text{ Ah} * 6 \text{ V} = 12 \text{ Wh}$**)
 2. Jaký proud akumulátor dodává ? **3A**
 3. Na kolik voltů pokleslo napětí zatíženého akumulátoru ? **$6\text{V} - (3\text{A} * 0.2 \text{ Ohm}) = 5.4\text{V}$**
 4. Jaký elektrický příkon má napájené zařízení ? **$5.4\text{V} * 3\text{A} = 16.2\text{W}$**
 5. Za jak dlouho se akumulátor vybije ? – **$2000 / 3000 = 0.66 \text{ h} = 40 \text{ min}$**
 6. Kolik energie akumulátor dodá napájenému zařízení než se vybije ? **$2\text{Ah} * 5.4\text{V} = 10.8 \text{ Wh}$**
 7. Kolik energie akumulátoru se ztratí na jeho vnitřním odporu a přemění se zde v teplo ? **$(1/6) = 0.6 * 2 \text{ Ah} = 1.2 \text{ Wh}$ (10 % uložené energie)**

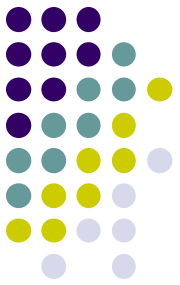
Odpovědi: 12 Wh; 3 A; 5,4 V; 16,2 W; 40 minut; 10,8 Wh; 1,2 Wh (tj. 10 % uložené energie)

NiCd akumulátory



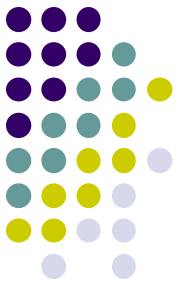
- **Niklo-kadmiový** akumulátor
- Jeden z prvních typů akumulátorů používaných v mobilních zařízeních
- Dnes se již prakticky nevyrábí kvůli jedovatému Kadmiu
- Jmenovité napětí jednoho článku je **1,2 V** (tj. něco jako průměrné napětí vybíjejícího se článku, používáme ho při přepočtu na výkon a Wh)
- Plně nabitý akumulátor má **1,35 V** (ale pak rychle klesne na **1,22 – 1,25 V**)





NiCd akumulátory - nabíjení

- Obvykle se nabíjí proudem 0,1 – 0,3 C.
- Například NiCd akumulátor s kapacitou 1000 mAh bude mít nabíjecí proud 100 – 300 mA.
- Do článku je nutné při nabíjení dodat **1,4 násobek** ukládané energie. Například NiCd akumulátor s kapacitou 1000 mAh se bude nabíjet proudem 100 mA (tj. 0,1 C) po dobu 14 hodin.
- Jednoduché nabíječky ukončí nabíjení po vypršení nastaveného času, ještě jednodušší musí uživatel vypnout sám
- Možné je i rychlonabíjení proudem 1C – 2C, při kterém ale dochází k značnému zahřívání akumulátoru a teplota by neměla překročit 45 C, jinak může dojít k nevratnému poškození (kvalitní rychlonabíječka musí hlídat teplotu článku)
- Při rychlonabíjení proudem 1C lze akumulátor nabít za zhruba za 1,5 hodiny
- Ke konci nabíjení dochází k prudkému krátkodobému zvýšení proudu a následně snížení napětí akumulátoru. Současně se začíná článek zahřívát. Obou dvou stavů se může využívat pro automatické ukončení nabíjení inteligentní nabíječkou



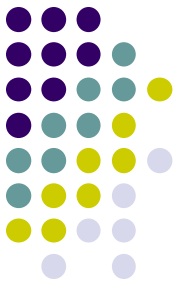
NiCd akumulátor

- **Výhody**

- Nevadí mu úplné vybití (jako jeden z mála přežije i vybití na úplnou nulu)
- Lze pak dlouhodobě skladovat ve vybitém stavu
- Možnost nabíjet rychle vysokým proudem při použití inteligentní nabíječky
- Pracuje dobře i v mrazu
- Životnost 1000 nabíjecích cyklů

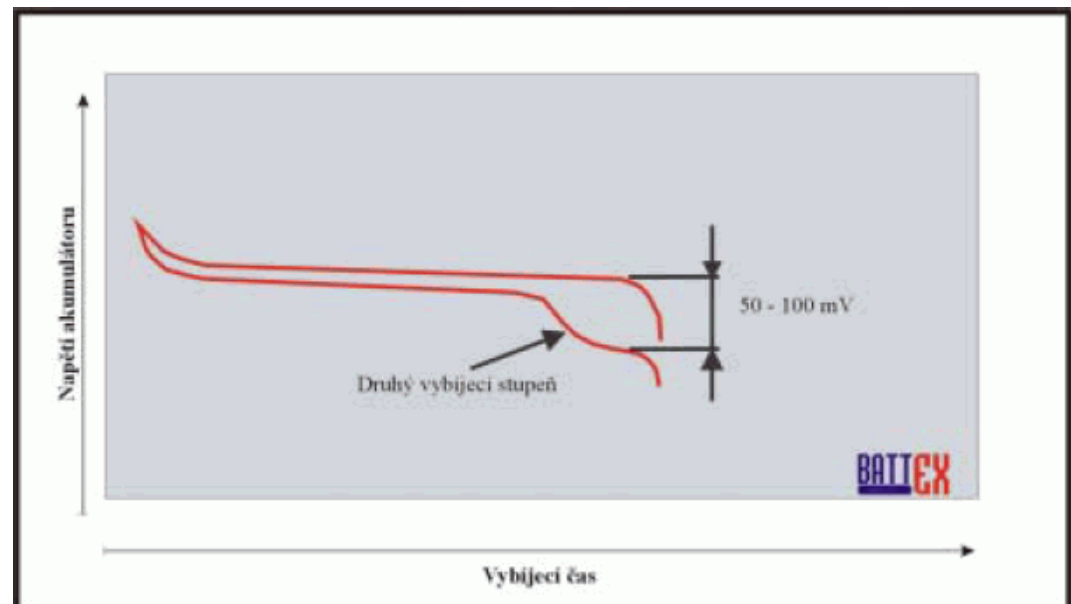
- **Nevýhody**

- Před použitím po dlouhodobém uskladnění je nutno provést 2 až 3 nabíjecí cykly, aby se aktivní hmoty uvedly do plného provozu (tzv. formování akumulátoru)
- Samovybíjení (po pár týdnech se samovolně zcela vybije)
- Vzhledem k samovybíjení je lepší články, které často nepoužíváme nabíjet až před použitím
- Paměťový efekt (musí se úplně nabíjet a úplně vybíjet)
- Nízký poměr kapacita/hmotnost (50 Wh / kg)
- Obsahuje jedovaté kadmium
- Nelze zjistit stupeň nabití – napětí se celou dobu provozu pohybuje okolo 1,2 V a nelze dle něj usuzovat, jak hodně už se akumulátor vybil



NiCd – paměťový efekt

- Tento jev vzniká při opakovaném vybíjení NiCd akumulátorů na střední (ne úplnou) úroveň vybití
- Je to reverzibilní jev odstranitelný plným vybitím akumulátoru.
- Projevem paměťového efektu je vznik „druhého vybíjecího stupně“, což je náhlý pokles napětí akumulátorového článku zhruba o 50 až 100 mV
- Doporučuje se pojem „paměťový efekt“ nepoužívat a nahradit označením "druhý vybíjecí stupeň"



NiCd - nabíječka

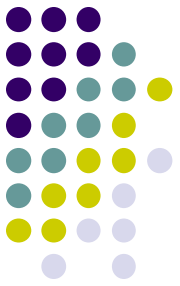


IONIC

TIME ELECTRONICS

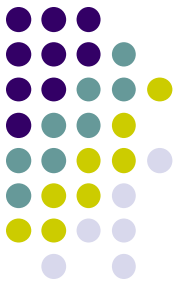
GME

NiMH akumulátory



- **Niklo-metal-hydridový akumulátor**
- Nástupce NiCd akumulátoru
- Jedovaté kadmium bylo nahrazeno slitinou kobaltu, manganu, hliníku a dalších vzácných kovů
- Stejně jako NiCd má i NiMH jmenovité napětí **1,2 V** a nabíjí se na napětí cca **1,4 V**





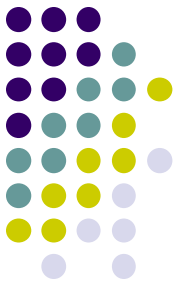
NiMh akumulátory

- **Výhody**

- Zhruba 2,5x vyšší kapacita než NiCd akumulátor stejného rozměru (AA články mají dnes kapacitu až 2700 mAh)
- Uloženo až **120 Wh na kg**
- Nižší vnitřní odpor než NiCd, umožňuje dodávat vysoký proud
- Možnost rychlonabíjení (obvykle za 2,5 hod)
- Stálé napětí 1,2 V - během vybíjení neklesá

- **Nevýhody**

- Samovybíjení (až 30% kapacity za měsíc), rychlejší při vysoké teplotě
- Při teplotách pod 5° C se blokuje elektrochemická reakce a baterie se jeví zdánlivě vybitá
- Nižší životnost než NiCd (asi 500 cyklů)
- Přebíjení baterii zničí – nabíjení je nutné včas ukončit, zejména rychlonabíjení
- Při dlouhodobém skladování bez pravidelného nabíjení a vybíjení dojde ke ztrátě kapacity
- Dlouhodobě skladované **NiMH akumulátory se musí nejméně každých 6 měsíců dobít** asi na 50% jmenovité kapacity
- Pokud necháme vybité NiMH akumulátory déle bez nabití, dochází k nevratným reakcím a ztrátě kapacity
- Nelze určit jak hodně je vybitá – napětí je stále cca 1,2 V



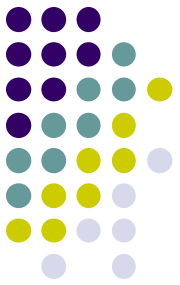
Li-Ion akumulátor

- **Lithium iontový akumulátor**
- V současné době **nejpoužívanější typ** v mobilním hardwaru
- Každý výrobce používá vlastní tvary baterií a jejich kontaktů
- Vysoké jmenovité napětí **3,7 V** (Akumulátor s napětím 3,7 je však již vybitý asi na 30 procent)
- Velmi nízký vnitřní odpor
- Životnost 1000 cyklů (záleží ale dost na zacházení – teplotě při nabíjení, nepřebíjení, zatížení a rychlosti vybíjení)
- Téměř žádné samovybíjení (při pokojové teplotě ztratí za rok asi 15% kapacity)
- Vysoká **energetická hustota** přes **150 Wh/kg**
- Lze nabíjet v jakémkoliv stavu vybití – žádný paměťový efekt
- Nabíjí se napětím 4,2 V. Pokud by bylo nabíjecí napětí nižší, nenabije se na 100 %, pokud by bylo naopak vyšší, dojde k přebití a zničení akumulátoru
- Při vybíjení napětí zvolna klesá z 4,2 V na 2,8 V – Většina hardwaru se však automaticky vypne již při poklesu napětí pod 3,5 V (chipy obvykle potřebují 3,3 V a napětí pod 3,5 V by již neposkytovalo stabilní napájení)
- Mobilní hardware považuje akumulátor s napětím pod 3,5 V za zcela vybitý
- Až na 2,8 V se vybíjí v mechanických strojích (kvadrokoptéry, koloběžky, elektrokola)
- Stav nabití/vybití lze snadno změřit dle napětí, které klesá definovaným způsobem



Li-ion akumulátor

- Některé nové typy s pozměněným chemickým složením se nabíjejí i na 4,3 nebo dokonce 4,35 V
- Nabíjí se připojením ke zdroji napětí (proud se v průběhu nabíjení mění, nejvyšší je zpočátku)
- Pojem „nabíjecí proud“ se v souvislosti s Li-Ion tedy vůbec nepožívá – proud se pouze omezuje, aby zpočátku při nabíjení prázdného akumulátoru nebyl moc vysoký
- Ke konci nabíjecí proud klesá (nabití z 90 % na 100 % trvá mnohem déle než nabití z 0 % na 10 %)
- Nabíjení se ukončí samo – úplně nabitý akumulátor bude mít napětí 4,2 V, takže do něj nepoteče žádný proud z nabíječky s napětím 4,2 V
- Typická doba nabíjení je 1,5 – 3 hod
- Čím je nabíjení pomalejší, tím méně se akumulátor zahřívá, nabíjení ho méně namáhá a bude mít delší životnost
- Akumulátor lze nabít bez omezení nabíjecího proudu i za 20 minut, ale takových cyklů přežije jen cca 150



Li-ion akumulátory

- **Nevýhody**

- Nesmí se **úplně vybit**. Po vybití pod 2,8V dojde ke zničení – obvykle obsahuje integrované ochranné obvody, které znemožní vybití pod 2,8 V
- Neměl by se **skladovat vybitý** (samovybíjením, i když je nepatrné, by se napětí postupně mohlo dostat pod kritických 2,8V)
- Akumulátor **stárne**, i když se nepoužívá – časem roste vnitřní odpor a klesá kapacita.
- Akumulátor stárne tím rychleji, čím větším proud odebíráme a čím více se zahřívá.
- Akumulátory v zařízeních s nízkým odběrem (např. fotoaparát) vydrží mnoho let, zatímco v zařízeních s vysokým odběrem (např. helikoptéra, kde se vybíjí proudem 10C za 6 minut) po několika měsících ztratí výkon a kapacitu
- Nebezpečí **výbuchu** při zkratu, mechanickém porušení (např. zlomení nebo provrtání), přehřátí nebo přebíjení (viz např. problém Boeingu Dreamliner)



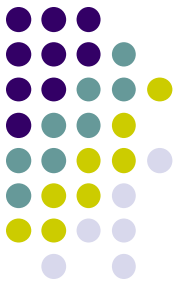
Li-Ion – nebezpečí požáru!

- Li-Ion akumulátory by se **nikdy neměly nabíjet bez dozoru!**
- Li-Ion akumulátory mají na svědomí každý rok mnoho **požárů domácností**
- Li-Ion akumulátor může v případě poruchy nebo přehřátím **explodovat** – například v telefonu v náprsní kapse (mají již na svědomí několik lidských životů)
- Li-Ion akumulátory jsou při transportu považovány za nebezpečný, nestabilní náklad
- Hlavní problém Li-Ion baterií spočívá v neřízeném stoupání vnitřní teploty při zkratu nebo mechanickém porušení (zlomení, prasknutí, proděravění....)
- Teplota se také může zvýšit vlivem nadměrného nabíjení, delší zátěží vysokým proudem, zkratem kontaktů, vlivem vnější vysoké teploty
- Pokud začne vnitřní teplota růst a toto zahřívání nelze zastavit, materiál oddělující kladnou a zápornou část baterie začne tát, dojde k smíchání látek, které měly být odděleny a nastane prudká nezastavitelná chemická reakce
- Uložená energie se začne uvolňovat termochemickou reakcí
- Prudké navýšení teploty vytvoří z baterie "tlakový hrnec".
- Baterie pak vlivem vnitřního přetlaku exploduje unikající plyny vzplanou a podpoří prudké shoření baterie – unikající plyny jsou jedovaté
- Obvykle obsahují pojistku, která omezuje maximální proud (při vyšším proudu, který by akumulátor bez problému dokázal dodat, by došlo k nastartování řetězové chemické reakce, která končí explozí)

Li-Pol



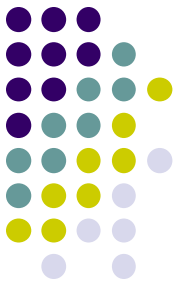
- **Lithium-polymerový akumulátor**
- novější typ akumulátorů, který vznikl inovací Li-Ion technologie
- Jako elektrolyt (látka mezi elektrodami) je zde použit speciální vodivý polymer (velmi složitě se vyrábí)
- Jmenovité napětí **3,7 V**
- Životnost až **2000 cyklů** (při pomalém nabíjení a vybíjení, v kvadrokoptérách však obvykle jen cca 150 cyklů)
- Akumulátoru se líbí, když ho budete každý den nabíjet (i když není zcela vybitý) – to by se naopak NiCd akumulátoru vůbec nelíbilo
- Možnost velmi rychlého nabíjení (v porovnání ostatními typy akumulátoru se při nabíjení výrazně méně zahřívá)
- Dokáže dodávat extrémně vysoký proud až 50C, tzn. akumulátor s kapacitou 1000 mAh dodá proud 50 A (a po 72 sekundách se vybije)
- Nejvyšší energetická hustota ze všech typů akumulátorů přes **200 Wh/kg**
- Oproti Li-Ion má akumulátor se stejnou kapacitou poloviční rozměr
- Jsou odolnější proti přehřátí, exploze sice hrozí, ale nebezpečí je nižší než u Li-Ion
- Protože je malý a lehký používá se v modelech letadel a vrtulníků
- Až 99% energie dodané nabíjením lze využít



Li-Pol akumulátor

- Nevýhody
 - Akumulátor se musí používat, po několika měsících nečinnosti přestane fungovat
 - Kapacita se časem neustále průběžně snižuje, i když se nepoužívá
 - Vysoká cena (obvykle až 15% ceny napájeného přístroje) – proto je v mobilním hardwaru častěji používaný Li-Ion akumulátor
 - Vybití pod 2,5V akumulátor zničí

Li-Pol



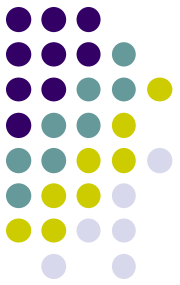


LFP akumulátor

- **Lithium-železo-fosfátový (LiFePO₄) akumulátor**
- Je netoxický a má výbornou tepelnou stabilitu – nehoří, neexploduje, nepřehřívá se
- Oproti Li-Ion a LiPol má horší energetickou hustotu 90-110 Wh/kg, proto se nehodí do mobilního hardwaru
- Jmenovité napětí **3,3 V**
- Maximální nabíjecí napětí **3,6 V**
- Vynikající životnost - 2000 – 7000 cyklů do degradace baterie na 80 % její původní udávané kapacity
- Používají se ve elektromobilech a v domácnostech pro akumulaci energie vyrobené solárními panely (kvůli své bezpečnosti oproti Li-Ion, které vám mohou doma explodovat při poruše nabíjecí elektroniky)



Akumulátory



- Pitva akumulátorů – povinně shlédnout!

<http://www.youtube.com/watch?v=7TNzWECrYTA>

- <https://www.youtube.com/watch?v=VxMM4g2Sk8U>

- <https://www.youtube.com/watch?v=zce3bFKnkvU>

- http://www.youtube.com/watch?v=SMY2_qNO2Y0

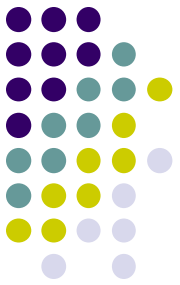
- http://www.youtube.com/watch?v=y_mdOKvolg0

- <http://www.youtube.com/watch?v=EseOhC8n7ro>

- <https://www.youtube.com/watch?v=jTbUP0sGQT8>

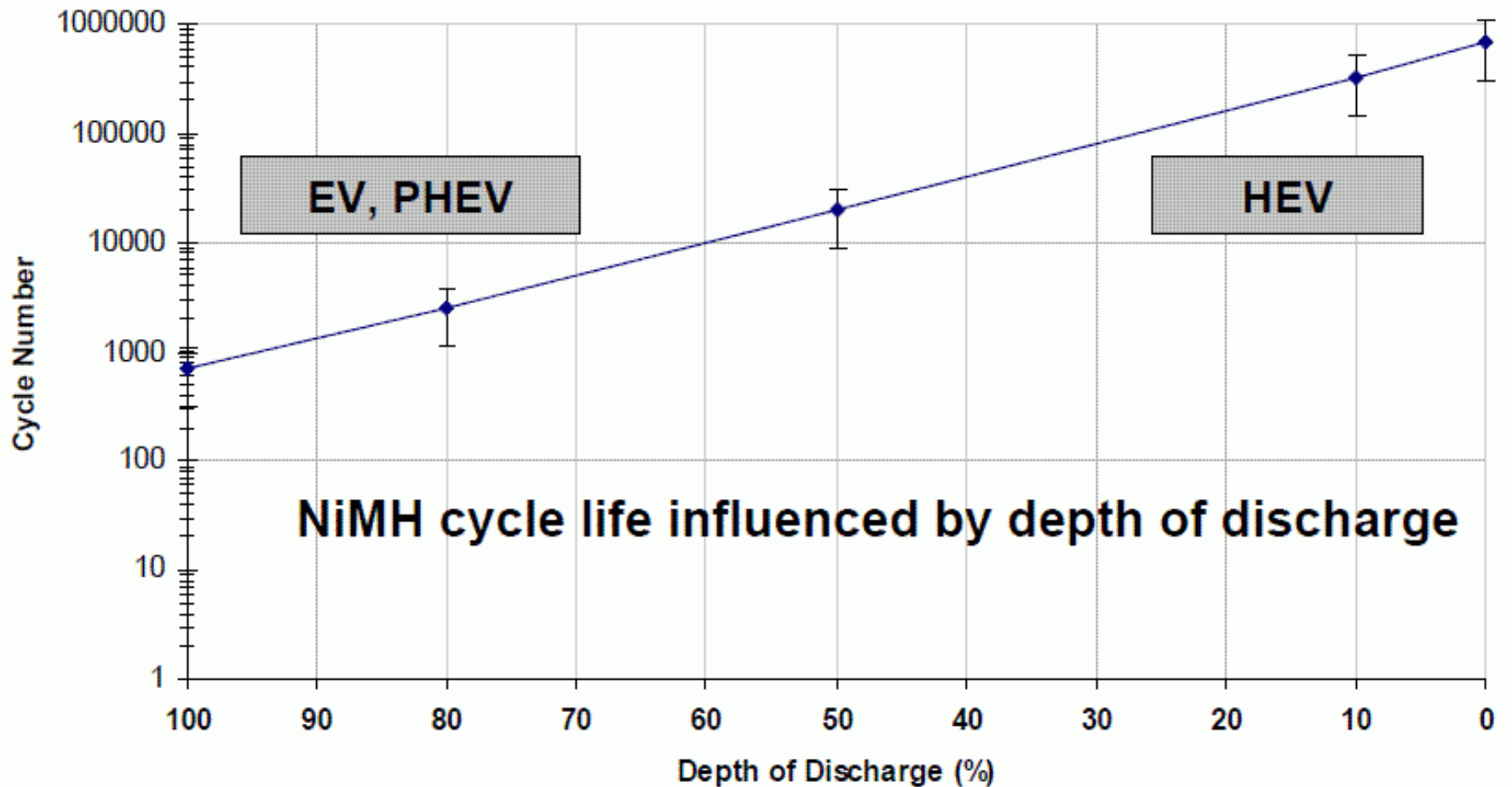
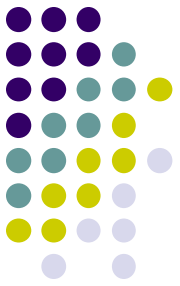
- <https://www.youtube.com/watch?v=y-a405s1eio> (doma nezkoušet !!!)

Prodloužení životnosti akumulátorů

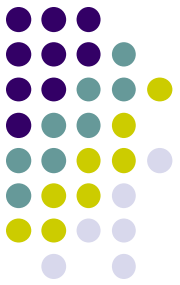


- Životnost akumulátorů se udává počtem nabíjecích cyklů
- Tím je myšlen počet **úplných** nabití a vybití akumulátoru
- Po tomto uváděném počtu cyklů je akumulátor dále použitelný, pouze jeho kapacita klesne na cca 70 % původní kapacity
- Neúplné nabití a vybití se nepočítá jako jeden cykl
- Moderním akumulátorům Li-Ion, Li-Pol a NiMH se dokonce velmi líbí, pokud je budete nabíjet a vybíjet pouze částečně
- Nejlepší jsou v tomto směru NiMH akumulátory. Budete-li je využívat jejich kapacitu pouze na 10% (tedy vybíjet pouze ze 100% na 90%) zvládnou 100 000 takových cyklů
- Nebudete-li je při tom nabíjet na 100% kapacity, ale budete-li se pohybovat někde ve středu (např. vybíjet na 45% a nabíjet na 55%) zvládnou přes 300 000 cyklů (toho využívají například družice na oběžné dráze – zde akumulátor musí přežít tisíce cyklů, nelze ho vyměnit a neustále se pravidelně dobíjí nebo vybíjí v závislosti na poloze nad noční nebo denní stranou zeměkoule)
- 300 000 desetiprocentních cyklů (hovoříme o **hypercyklech**) vlastně odpovídá 30000 úplných cyklů
- U NiMH akumulátorů spočívá ale právě velký problém v tom, jak určit míru nabití akumulátorů – je praktický nemožné změřit, jestli je akumulátor nabitý na 25% nebo na 60% (v obou případech bude mít zcela stejné výstupní napětí a i vnitřní odpor)
- Nabíječka také není schopna poznat, nakolik je už akumulátor nabitý – pozná pouze, kdy ukončit nabíjení zcela nabitého akumulátoru
- Profesionální řešení (např. družice) spočívají v přesném měření odebraného proudu při vybíjení a dodaného proudu při nabíjení. Amatérské řešení může být založeno na ukončení nabíjení ve chvíli, kdy prstem ucítíte, že baterie začíná být teplá (teplo při nabíjení je vlastně jeden z hlavních faktorů, který snižuje její životnost)

Prodloužení životnosti akumulátorů

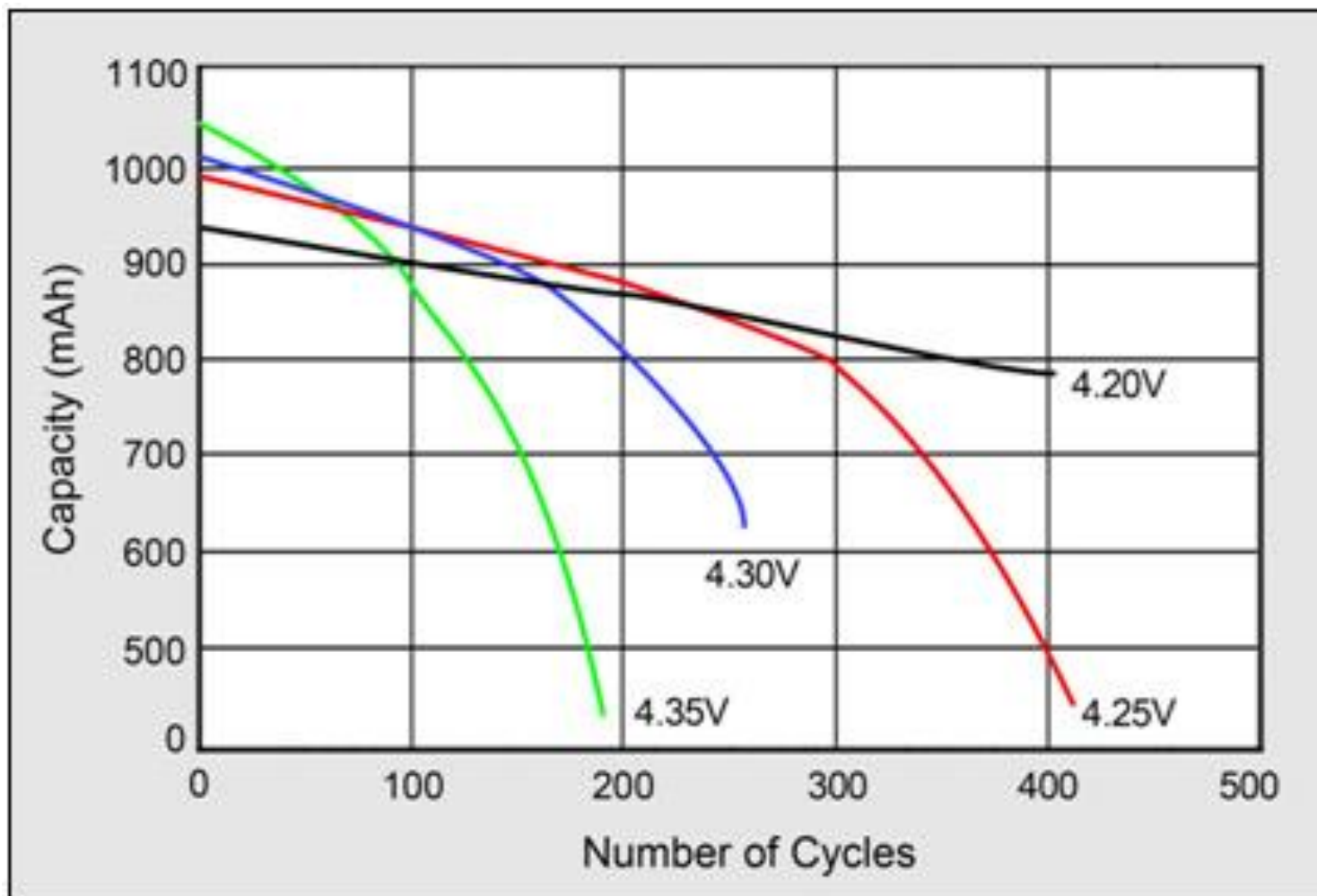


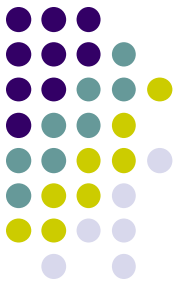
Prodloužení životnosti akumulátorů



- Daleko snáze lze určit stupeň nabití u **Li-Ion** a **Li-Pol** akumulátorů
- Zde napětí akumulátoru přesně definovaným způsobem výrazně klesá, jak se akumulátor postupně vybíjí
- Bylo zjištěno, že životnost Li-Ion akumulátorů klesá o polovinu s každým 0,1 V na který se akumulátor pravidelně nabíjí
 - Tedy Li-Ion akumulátor nabíjený pravidelně na 4,3 V (120 % kapacity) má životnost jen 150 cyklů
 - Akumulátor nabíjený na 4,2 V (100 % kapacity) má životnost 300 – 600 cyklů
 - Akumulátor nabíjený na 4,1 V (90 % kapacity) má životnost 700 – 1000 cyklů
 - Akumulátor nabíjený na 4 V (80 % kapacity) má životnost 1500 – 2000 cyklů
 - Akumulátor nabíjený na 3,9 V (70 % kapacity) má životnost cca 3000 cyklů
- Reálná životnost akumulátoru je dále ovlivněna působením tepla (nejde pouze o teplo při jeho nabíjení a vybíjení)
- Akumulátory v notebooku jsou často vystaveny působení značného tepla vyzařovaného notebookem a proto jejich skutečná životnost bude nižší
- Pro Li-Ion akumulátory jsou nesnesitelné zejména teploty nad 60° C

Zkrácení životnosti Li-Ion akumulátoru při nabíjení na napětí vyšší než 4,2 V





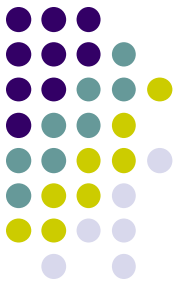
Kontrolní otázky

- Z jakého důvodu se všech moderních mobilních zařízeních nepoužívají akumulátory Li-Pol, přestože mají nejlepší parametry ?
- Jaké nabíjecí napětí se používá při nabíjení Li-Ion akumulátorů ?
- Jaké nominální napětí je uváděno u Li-Ion akumulátorů ?
- Jaké nominální napětí je uváděno u Li-Pol akumulátorů ?
- Jaké nominální napětí je uváděno u NiCd akumulátorů ?
- Jaké nominální napětí je uváděno u NiMH akumulátorů ?
- Jaké napětí naměříte na nezatíženém a zcela nabitém NiCd, NiMH a Li-Ion akumulátoru ?
- Který typ akumulátorů obsahuje jedovaté látky a proto se prakticky přestal vyrábět ?
- Který typ akumulátoru může začít hořet při zlomení nebo provrtání ?
- Který typ akumulátoru je vhodné skladovat vybitý ?
- NiMH akumulátorová baterie s jmenovitým napětím 12 V a kapacitou 24 Wh se má nabíjet proudem 0,3 C. Jakou hodnotu nabíjecího proudu použijete ?
- Jak vypadá zcela rozebraný Li-Pol akumulátor ?
- Proč se Li-Ion akumulátory nedodávají v podobě AA tužkových článků ?



Kontrolní otázky

- Nezatížený NiMH akumulátor má napětí 1,25 V. Při odběru proudu 1 A pokleslo napětí na 1,15 V. Jaký je vnitřní odpor akumulátoru ?
- Jaká výstupní stejnosměrná napětí nalezneme na výstupech ATX zdroje ?
- Jaké základní parametry napájecího zdroje sledujeme ?
- Jaké další parametry používáme k posouzení kvality napájecího zdroje ?
- Jaké typy UPS zdrojů znáte ?
- Jaký typ akumulátorů se používá v UPS ?
- Který z uvedených akumulátorů má vyšší kapacitu - 1,2 V NiMH 2600 mAh nebo 3,7 V LiION 1000 mAh ?
- Za jak dlouho se vybijí 3,7 V Li-Ion akumulátor s kapacitou 1200 mAh v tabletu s příkonem 3,7 Wattů ?
- Zjistěte co trvá déle: Nabít Li-ION akumulátor z 0 % na 10 % kapacity nebo z 90 % na 100 % kapacity ?
- Za jakých podmínek může akumulátor přežít až nabíjecích 300000 cyklů ?
- Které typy akumulátorů se nesmí úplně vybit ?
- Jak dlouho budete nabíjet NiCd akumulátor s kapacitou 1200 mAh proudem 200 mA ?
- Kolik pinů má konektor SATApower a jaký je jejich význam ?
- Jaké jmenovité napětí bude mít bateriový akumulátor sestavený sériovým spojením deseti NiMH článků ?
- Jaké jmenovité napětí bude mít bateriový akumulátor sestavený paralelním spojením 4 NiCd článků ?
- U kterého typu akumulátorů lze snadno zjistit a u kterého naopak prakticky nelze zjistit stav nabití ?
- Který typ akumulátorů trpí paměťovým efektem ?



Kontrolní otázky

- Kolik pinů má hlavní napájecí konektor základní desky a jaké typy napájecích linek zde nalezneme ?
- Co je to PowerGood signál ?
- Je USB konektor napájen přímo z napájecího zdroje počítače ?
- Je grafická karta napájena přímo z napájecího zdroje počítače ?
- Je pevný disk napájen přímo z napájecího zdroje počítače ?
- Je DVD mechanika napájena přímo z napájecího zdroje počítače ?
- Je klávesnice napájena přímo z napájecího zdroje počítače ?
- Jaký typ akumulátorů je v současné době nejběžnější v podobě klasických AA a AAA tužkových baterií ?
- Jaký příkon má přibližně průměrný moderní počítač typu PC ?
- Zjistěte jakou kapacitu mají přibližně Li-Ion akumulátory moderních notebooků
- Který typ akumulátoru má nejlepší energetickou hustotu Wh/kg a jakých hodnot hustoty dosahuje ?
- Proč se v ATX napájecích zdrojích nepoužívají klasické transformátory ?
- Jaké napětí a frekvenci používá elektrická rozvodná síť v ČR ?
- Zjistěte, co to znamená, když se řekne "tvrdý zdroj",
- Který typ akumulátorů obsahuje zabudované elektronické obvody, které se starají o ochranu proti zkratu a ochranu proti nabíjení příliš vysokým napětím ?
- Kterým směrem fouká vzduch ventilátor ATX zdroje ?