

# Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

*redakce nakladatelství BEN – technická literatura*  
[redakce@ben.cz](mailto:redakce@ben.cz)



## 2 DOPORUČENÁ APLIKAČNÍ ZAPOJENÍ SPÍNANÝCH ZDROJŮ

Program Micropower SwitcherCAD obsahuje celou řadu doporučených aplikačních zapojení. K těmto zapojením budou dále doplněny odsimulované parametry návrhu a vysvětlení činnosti jednotlivých zdrojů. Tato aplikační zapojení jsou stejně jako v programu rozdělena podle typu užitého integrovatelného obvodu.

Program používá celou řadu integrovaných obvodů (**LT1073**, **LT1110**, **LT1173**, **LT1111**, **LT1107**, **LT1108**, **LT1109**, **LT1109A**, **LT1300**, **LT1301**, **LT1303** a **LTC1174**) firmy Linear Technology, z nichž však většina není v ČR dostupná.

Tab. 2.1 Seznam obvodů, které lze zakoupit (červen 1999, Praha)

typ	GM	Schuricht	<a href="http://www.ele.cz">http://www.ele.cz</a>	GES
<b>LT1073</b>	210,- Kč	14,20 DM	241,50 Kč	188,- Kč
<b>LT1111</b>	183,- Kč	–	210,90 Kč	–
<b>LT1173</b>	183,- Kč	12,- DM	210,90 Kč	–
<b>LT1302</b>	–	14,40 DM	–	–
<b>LT1303</b>	–	–	–	160,- Kč

**Poznámka:** Firma Schuricht prodává na objednávku za Kč podle aktuálního kurzu Kč vzhledem k DM.

### 2.1 Aplikační zapojení s obvodem LT1073

**LT1073** je obvod pro DC-DC měniče bez zvláštních specifických vlastností. Dá se použít v celé řadě zapojení. Jeho doporučené aplikace jsou pagery, kamery, převodníky napětí jednoho článku na **5 [V]**, zálohovací bateriové zdroje, laptopy a palmtopy, celulární telefony, přenosné přístroje, napájení **4 [mA]** a **20 [mA]** smyček měřicích přístrojů, bateriové napájení detektorů alfa, beta, gama částic atd.

Pod tímto názvem se vlastně skrývá několik typů integrovaných obvodů, které se liší nejen pouzdem, ale i vnitřním zapojením. Pro zdroje s požadavkem nastavení výstupního napětí externím odporovým děličem slouží základní model s označením **LT1073**. Pro pevné výstupní napětí **+5 [V]** se užívá obvod **LT1073-5** a pro napětí **+12 [V]** obvod **LT1073-12**. Tato napětí lze samozřejmě realizovat i s obvodem **LT1073**, ale s vnějším děličem.

#### Vlastnosti obvodu:

- provoz v rozsahu napájecích napětí od **1,0 [V]** do **30 [V]**,
- vlastní spotřeba napájecího proudu pouze **95 [mA]**,
- může pracovat ve snižovacím i zvyšovacím režimu,
- potřebuje pouze tři externí součástky pro funkční zapojení s pevným napětím,

- může mít detekci nízkého napájecího bateriového napětí,
- má uživatelsky nastavitelné proudové omezení,
- obsahuje vnitřní spínač s maximální hodnotou spínaného proudu **1 [A]**,
- vyrábí se v modifikacích pro pevné nebo uživatelsky nastavitelné výstupní napětí,
- má malé prostorové nároky, je dodáván v 8vývodovém pouzdře Mini DIP nebo SO8.

## Parametry obvodu

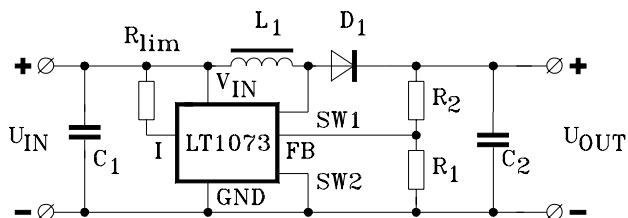
Není účelem zde vypisovat všechny parametry obvodu **LT1073**, ale některé z nich jsou všeobecně zajímavé i pro uživatele, nemající při ruce příslušný katalogový list.

Podstatná je např. hodnota vnitřního referenčního napětí  $U_{REF} = 212 \text{ [mV]}$ , se kterým se porovnává u obvodů základní řady **LT1073** napětí, přivedené mezi zpětnovazební vstup **FB** (vývod č. 8) a zem (u obvodů typu **LT1073-5** a **LT1073-12** se přivádí na vstup **FB** = **SENSE** celé výstupní napětí a odporový dělič napětí je uvnitř obvodu). Vstup **FB** má přitom hysterezi  $U_{FBH} = 5 \text{ [mV]}$ .

S interním referenčním napětím souvisí i volba odporů vnějšího odporového děliče pro nastavení požadované hodnoty výstupního napětí. Výstupní napětí musí být tímto děličem vyděleno na hodnotu napětí referenčního:

$$U_{OUT} = U_{REF} \cdot (R2/R1 + 1)$$

jak vyplývá ze zapojení na obr. 2.1. Aby uvedený vztah platil dostatečně přesně, musí být odporový dělič  $R2/R1$  dostatečně tvrdý, tj. proud, odebíraný vstupem **FB** musí být zanedbatelný proti proudu tímto odporovým děličem.



Obr. 2.1 Základní zapojení obvodu **LT1073** pro zvyšování napětí (**Step Up, Boost Mode**)

Protože proud, tekoucí do vstupu **FB** má velikost typicky **10 [nA]** (maximálně **50 [nA]**), pak stačí, aby odporovým děličem  $R2/R1$  protékal proud deset až tisíckrát vyšší, například **10 [μA]**. Velikost takového proudu vede při běžných hodnotách výstupních napětích (cca okolo **10 [V]**) k hodnotám odporů  $R2$  a  $R1$  v okolí stovek kiloohmů až megaohmu.

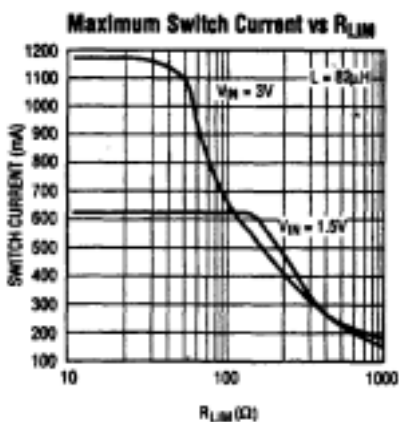
Například volíme-li odpor  $R2 = 536 \text{ [kΩ]}$  a  $R1 = 40,2 \text{ [kΩ]}$ , pak výstupní napětí bude:

$$U_{OUT} = U_{REF} \cdot (R2/R1 + 1) = 0,212 \cdot (536/40,2 + 1) = 3,04 \text{ [V]}$$

Předpokladem takto přesných výpočtů je ovšem použití odporů s odpovídající přesností, zde například **1 [%]**. Vlastní chyba (rozptyl hodnot) referenčního napětí je  $\pm 10$  [mV], což reprezentuje z hodnoty **212 [mV]** necelých **5 [%]**. Nemá smysl tedy volit odpory přesnější, přesněji se dá nastavit výstupní napětí pouze pomocí odporového trimru, zapojeného mezi odpory **R2** a **R1**.

Typická pracovní frekvence obvodu je **19 [kHz]**, a maximálně může obvod pracovat na frekvenci **23 [kHz]**.

Poněkud složitější je určení vhodné hodnoty odporu **R<sub>LIM</sub>** pro nastavení proudového omezení obvodu. Závislost mezi těmito dvěma veličinami je silně nelineární a výrobce obvodu firma LTC ji udává pouze grafem, obr. 2.2.

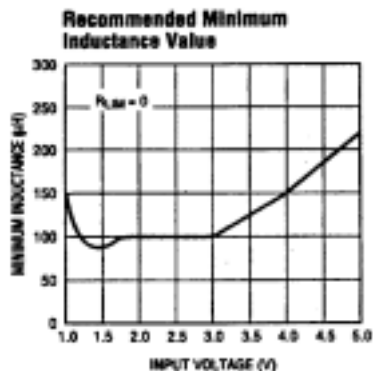


Obr. 2.2 Graf závislosti maximálního proudového omezení (**Switch Current**) na hodnotě vnějšího omezovacího odporu **R<sub>LIM</sub>** (z katalogu firmy LTC)

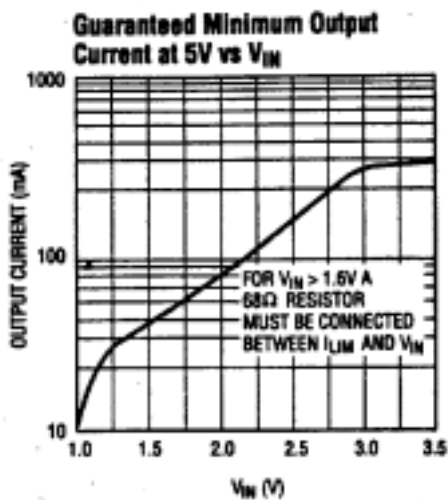
Jak je z grafu patrné, jsou udávány pouze dvě křivky pro dvě různá vstupní napětí **U<sub>IN</sub> = 1,5 [V]** a **U<sub>IN</sub> = 3 [V]**, což odpovídá jednomu nebo dvěma článkům baterie, případně akumulátoru. Tyto křivky si jsou částečně podobné pouze pro rozsah proudů do cca **600 [mA]** a tuto podobnost v tomto rozsahu lze očekávat i pro jiná vstupní napětí. Při návrhu obvodu pomocí programu Micropower SwitcherCAD je vhodné navrženou hodnotu odporu **R<sub>LIM</sub>** konfrontovat s grafem na obr. 2.2.

Pokud nechceme proud obvodu nijak omezovat, spojíme vývod **I (I<sub>LIM</sub>)** s napájecím napětím.

Další zcela nelineární závislostí obvodu **LT1703** je závislost minimální hodnoty indukčnosti cívky **L1** na velikosti vstupního napětí. I tato závislost je dána grafem výrobce a program ji při výpočtu respektuje. Opět se doporučuje kontrola výsledné navržené hodnoty **L1** pomocí grafu na obr. 2.3.



Obr. 2.3 Závislost minimální hodnoty indukčnosti cívky  $L1$  (*Minimum Inductance*) na velikosti vstupního napětí (*Input Voltage*)



Obr. 2.4 Závislost možného výstupního proudu (*Output Current*) na hodnotě vstupního napětí ( $V_{IN}$ )

Poslední grafickou závislostí je závislost maximálního možného výstupního proudu (křivka na obr. 2.4), který může být odebrán v závislosti na velikosti vstupního napětí. Všechny body ležící pod uvedenou křivkou jsou možné pracovní body jednotlivých zapojení.

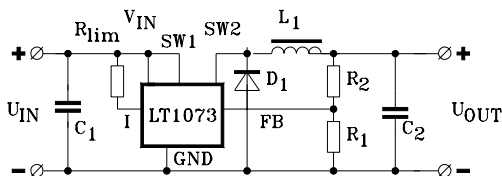
Graf na obr. 2.4 je uveden pouze pro výstupní napětí  $U_{OUT} = 5 \text{ [V]}$  při podmínce, že mezi vstupem  $I$  ( $I_{LIM}$ ) a napájecím napětím je připojen odpor  $68 \text{ [\Omega]}$ , což podle obr. 2.2 omezuje proud  $I_{OUT}$  při vstupních napětích pod cca  $1,6 \text{ [V]}$ . Těchto grafů lze opět nakreslit více v závislosti na velikosti odporu  $R_{lim}$ .

## Popis obvodu

**LT1073** je mnohostranně použitelný obvod, který vyžaduje pouze tři externí součástky pro nastavení pevného výstupního napětí  $5 \text{ [V]}$  nebo  $12 \text{ [V]}$ . Velmi nízké minimální vstupní napájecí napětí od  $1,0 \text{ [V]}$  dovoluje použít obvod **LT1073** v aplikacích, kde prvotní napájecí zdroj je pouze jediný článek a ten může být i ve stavu částečného vybití a obvod přesto nepřestane pracovat.

Pomocný zesilovač na čipu může pracovat jako detektor poklesu napětí napájecí baterie, nebo jako lineární dodatečný regulátor s nízkým napájecím napětím.

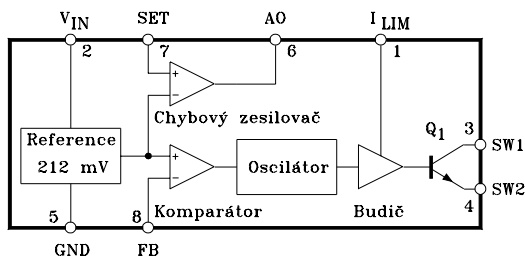
Obvod může být snadno zkonfigurován jako zvyšovací nebo snižovací převodník (obr. 2.5), ačkoli pro snižovací aplikace nebo vstupní napětí zdroje větší než  $3 \text{ [V]}$  se doporučuje raději užít obvodu **LT1173**. Omezení proudu může být nastaveno přidáním jednoho externího odporu. Jednoduchá ochranná soustava obvodu omezuje zpětný proud do integrovaného obvodu, nedestruktivní úrovně opačné polaridy napájecího napětí jsou až do  $1,6 \text{ [V]}$ .



Obr. 2.5 Základní zapojení snižujícího zdroje (*Step Down, Buck Mode*) s obvodem **LT1073**

## Vnitřní zapojení

Vnitřní zapojení obvodů **LT1073-5** a **LT1073-12** se liší od zapojení na obr. 2.6 tím, že vývod **FB** není vyveden na svorku **IO**, ale je uvnitř připojen na spojnicu *interních* odporů



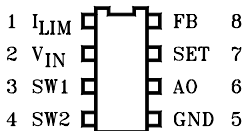
Obr. 2.6 Vnitřní blokové zapojení obvodu **LT1073**

**R2–R1**, kde odpor **R1** je spojen se zemí **GND** a odpor **R2** je vyveden na svorku **SENSE** (vývod č. 8). Hodnota odporu **R1** je pro oba integrované obvody **904 [kΩ]**, hodnota odporu **R2** je pro **LT1073-5** rovna **40 [kΩ]** a pro dvanáctivoltový obvod **16,3 [kΩ]**. Tyto hodnoty lze považovat za doporučené i pro externí odpory obvodu **LT1073**.

Jak je patrné z řady zapojení, většina obvodů nepoužívá pomocný **Chybový zesilovač**, takže jeho vývody jsou nezapojené (jak vstup č. 7, tak výstup č. 6). Může však být použit například jako obvod pro hlídání poklesu vstupního napětí pod stanovenou mez či podobně.

Oscilátor je interně nastaven na dobu sepnutí  $t_{ON} = 38 [\mu s]$  a dobu vypnutí  $t_{OFF} = 15 [\mu s]$  (nominální hodnoty) a je pomocí výstupu komparátoru zapínán a vypínán.

Rozložení vývodů u nejběžnějšího typu pouzdra N8 je na obr. 2.7.

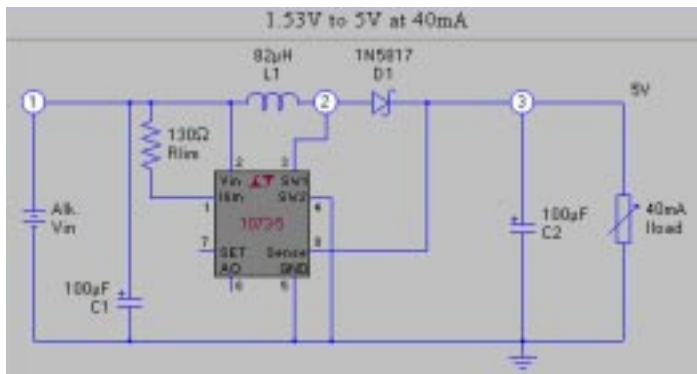


Obr. 2.7 Rozložení vývodů obvodu **LT1073CN8**

### 2.1.1 Zdroj 1,5 [V]/5 [V] – 40 [mA]

Zapojení obr. 2.8 je klasický spínaný zdroj, napájený jedním alkalickým článkem o jmenovitém napětí  $U_{IN} = 1,53 [V]$  s vnitřním odporem  $R_i = 600 [\text{m}\Omega]$ .

Napájecí alkalický článek má poměrně vysokou hodnotu vnitřního odporu, která by při provozu zdroje způsobovala značné poklesy vstupního napětí zdroje. Proto je paralelně k alkalickému článku připojen kondenzátor **C1** o poměrně velké kapacitě **C1 = 100 [μF]**. Má-li tento kondenzátor významným způsobem zlepšit parametry napájecího zdroje napětí, pak musí mít jednak poměrně velký náboj, ale také musí být schopen tento náboj vydat do obvodu bez přílišného poklesu napětí. To je zajištěno výběrem kondenzátoru s malou



Obr. 2.8 Spínaný zdroj s obvodem **LT1073-5**

hodnotou **ESR** (efektivní sériový odpor) = **45[mΩ]**. Tato hodnota musí být pro efektivní nasazení kondenzátoru **C1** do obvodu několikrát menší, než vnitřní odpor alkalického článku (nejlépe o řád i více).

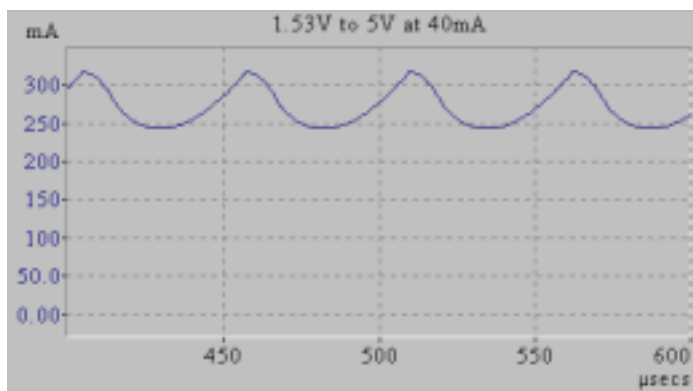
Odebírá-li zátěž spínaného zdroje proud **40 [mA]**, lze předpokládat, že proud stejné velikosti bude zdroj odebírat z napájecí baterie (vlastní odběr obvodu je obvykle zanedbatelný). Tak by tomu bylo v případě střidy **100 [%]**, ve skutečnosti při navrhované střídě okolo **s = 50 [%]** bude tento proud, odebíraný z napájení dvojnásobný, tedy okolo **80 [mA]**. Tak by tomu bylo, kdyby napěťový převod mezi vstupním a výstupním napětím se rovnal jedné. Vzhledem k tomu, že se jedná o zdroj zvyšující napětí, pak vstupní proud je navíc tolikrát vyšší než výstupní, kolikrát je výstupní napětí vyšší, než napětí vstupní (platí tím přesněji, čím jsou napětí v absolutní hodnotě vyšší). Protože poměr zvyšování napětí je **5 [V]/1,5 [V] = 1,33 [-]**, pak stejným poměrem musíme násobit výstupní proud:

$$I_{IN} = (U_{OUT} \cdot I_{OUT}) / (U_{IN} \cdot s) = (5 \cdot 0,04) / (1,5 \cdot 0,5) = 0,267 \text{ [A]}$$

Jedná se o proud, který je odebírán pouze pulzně, jak ukazuje simulovaný průběh tohoto proudu na obr. 2.9, nicméně hrubý odhad odpovídá přesnější simulaci (hodnota **267 [mA]** je přibližně střední hodnota průběhu z obr. 2.9).

Kondenzátor **C1** je během provozu pravidelně dobíjen a vybíjen. Dobíjen je v tom časovém intervalu, když je interní spínací tranzistor v integrovaném obvodu rozepnut, vybíjen v případě jeho sepnutí. Střední hodnota proudu kondenzátorem je sice nulová, obr. 2.10, ale na efektivní hodnotu tohoto proudu musíme kondenzátor dimenzovat. Průchodem tohoto střídavého proudu se kondenzátor ohřívá.

Na místě kondenzátoru **C1** program Micropower SwitcherCAD vybral z databáze kondenzátorů typ **10SA100M** firmy Sanyo se jmenovitým napětím **10 [V]**, kapacitou **100 [μF]**, efektivním sériovým odporem **ESR = 0,045 [Ω]** a efektivní hodnotou střídavého



Obr. 2.9 Pulzní průběh proudu, odebíraného z napájecí baterie (po odeznění přechodného stavu od počátku)