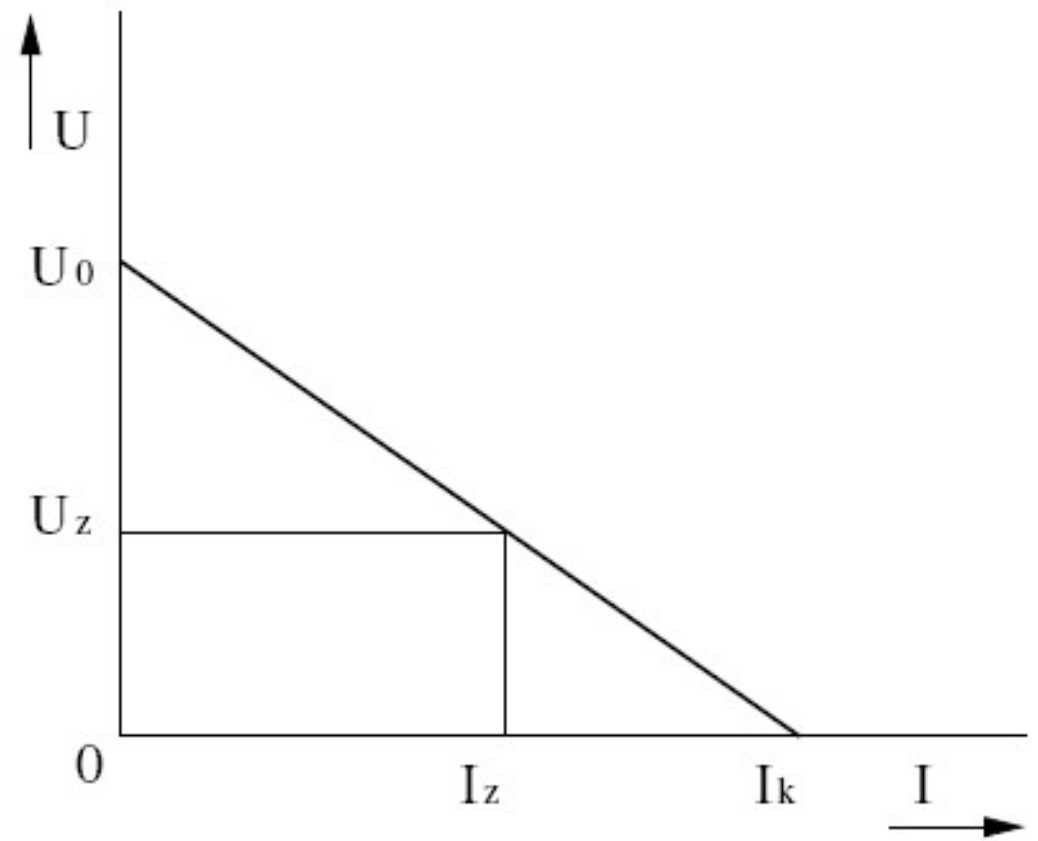
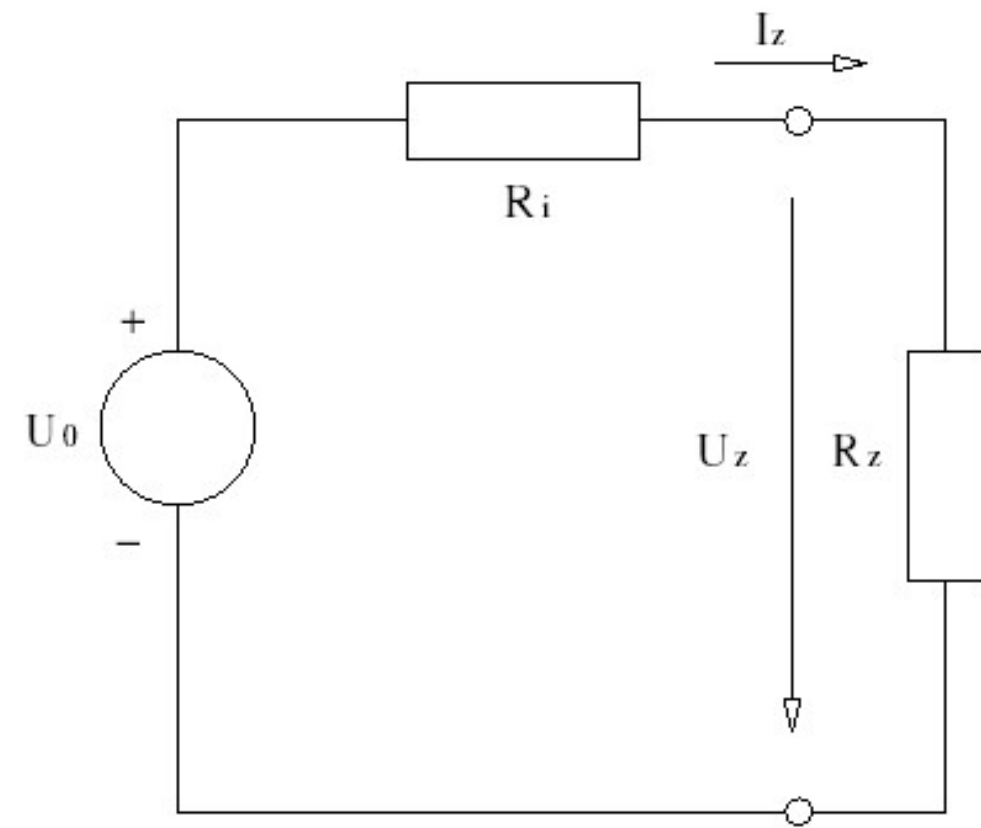


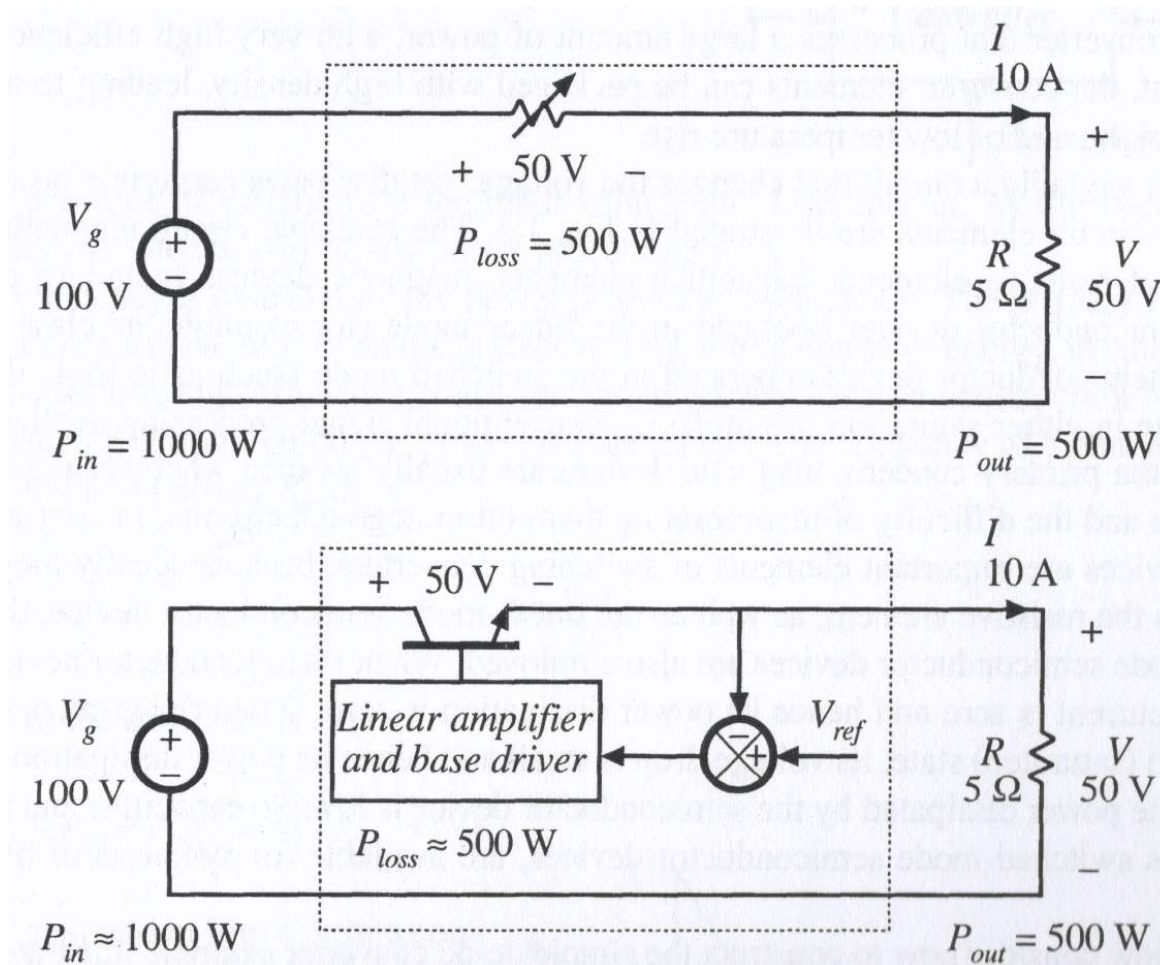
Obvody zdrojů

Richard Růžička

Ideální a skutečný zdroj



Jak udržet napětí na spotřebiči konstantní?



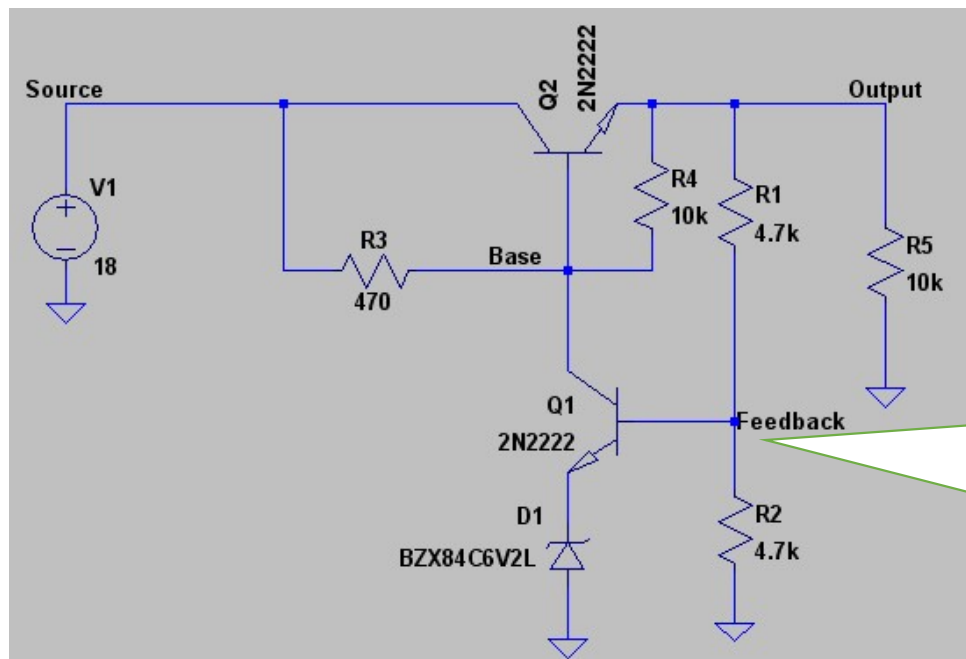
Zdroj s lineární regulací

V sérii se spotřebičem je regulační prvek, funguje II. Kirchhoffův z.

Napětí zdroje se rozloží mezi regulační prvek a spotřebič.

Oběma prvky teče stejný proud, takže se bohužel rozloží i výkon.

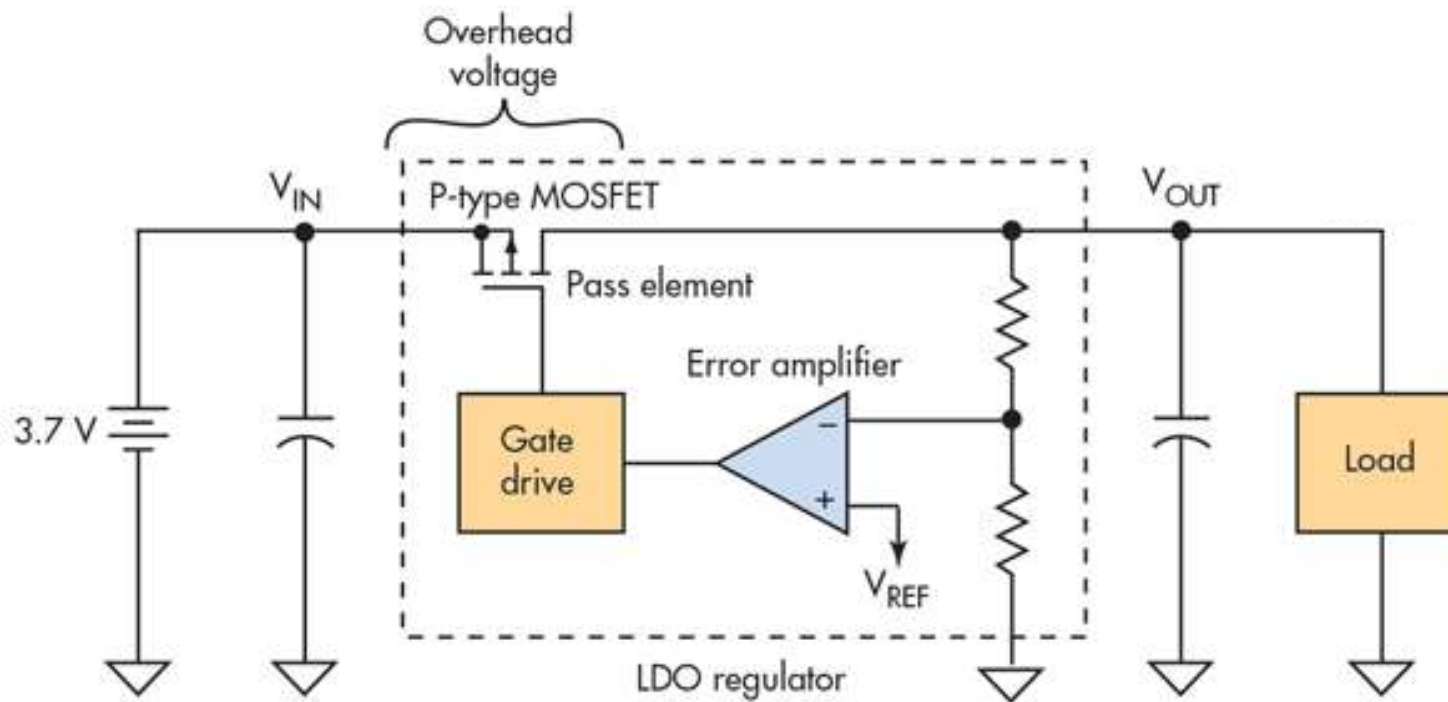
Jednoduchý stabilizátor výstupního napětí



V tomto místě se udržuje $U_{D1} + U_{BE}$ tranzistoru Q1. To je dle děliče R1/R2 právě polovina výstupního napětí.

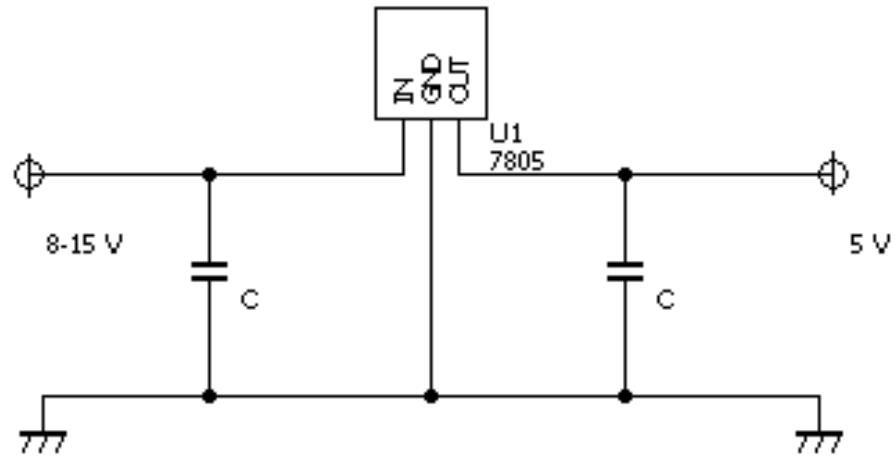
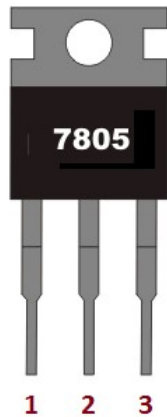
Protože U_{D1} je stabilní, zvýšení U_{R2} způsobí zvýšení U_{BE} a tím otevření Q1. Otevřený Q1 sníží napětí v bázi Q2 a tím sníží napětí na výstupu (a na R2).

Obecný lineární stabilizovaný zdroj



Integrovaný lineární stabilizátor

s pevně nastaveným výstupním napětím - příklad



Pin No.	Name	Function
1	Input	Input Voltage (5 to 18 V)
2	Ground	Ground
3	Output	Output Regulated Voltage (4.8 to 5.2 V)

7805 Pinout

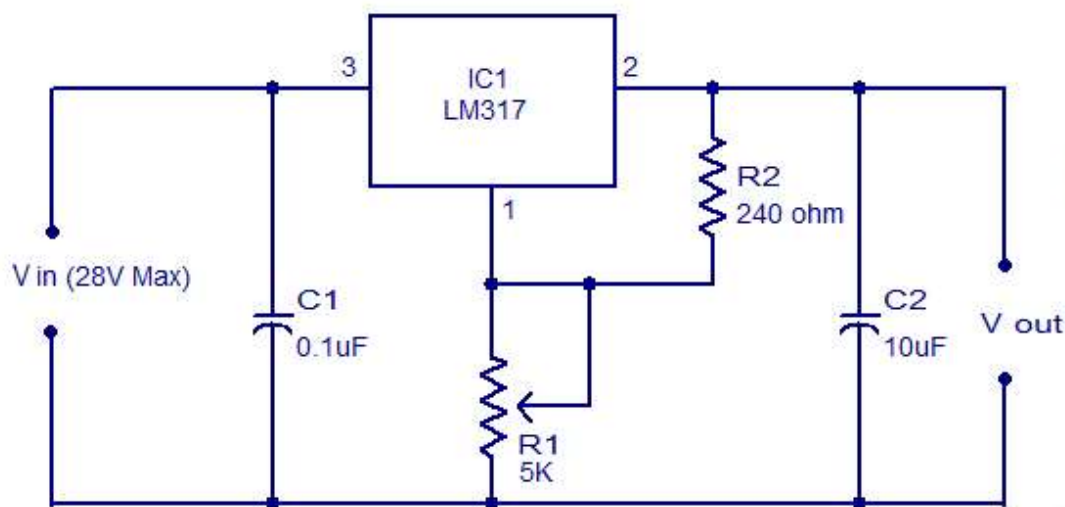
www.TheEngineeringProjects.com

Vstupní napětí musí být vždy o tzv. „dropout“ větší než požadované výstupní napětí.
U 7805 je to min. 2V.

Vyrábí se od roku 1972, nejčastěji využívaný pro 5V, ale existuje pro celou řadu napětí, i záporných.

Integrovaný lineární stabilizátor

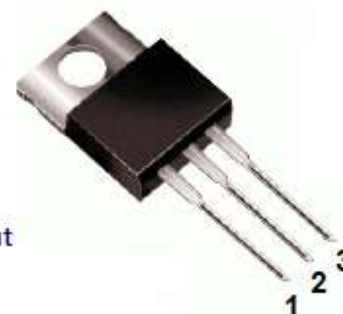
s nastavitelným výstupním napětím - příklad



Typical adjustable regulator using LM317 www.circuitstoday.com

$$V_{out} = 1.25V (1 + (R2/R1)) + (I_{adj} \times R2)$$

LM317
Pin Arrangement

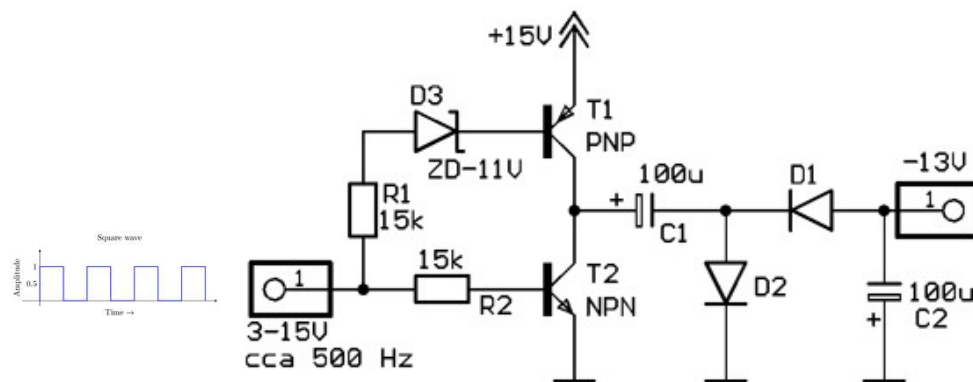


1. Adjust
2. Vout
3. Vin

Heatsink is connected to pin 2

Jednoduchá nábojová pumpa

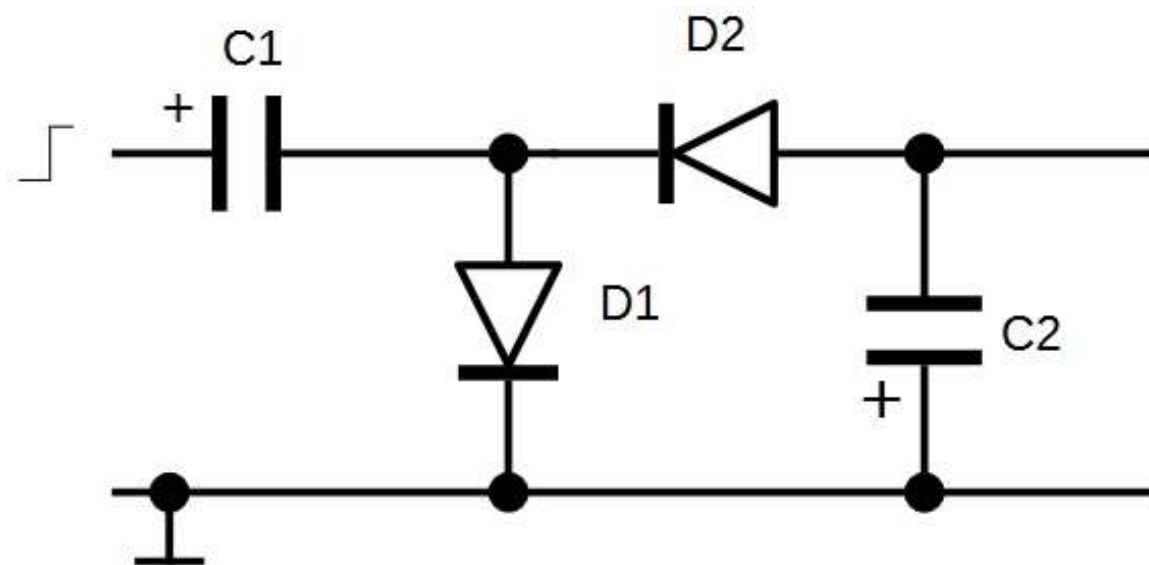
... jako zdroj záporného napětí:



Při log. 0 na vstupu je otevřen T1, kondenzátor C1 se nabíjí přes D2.

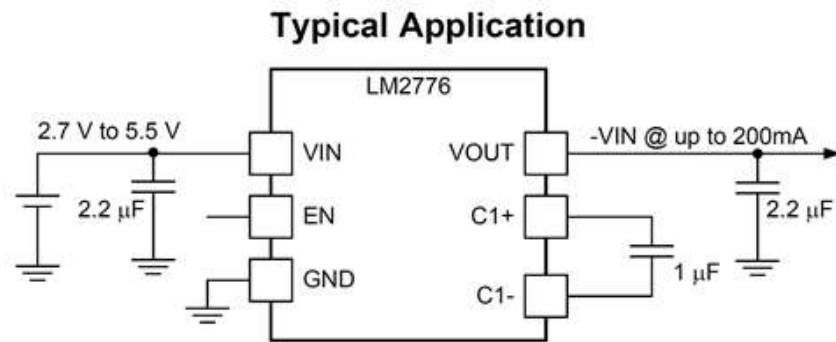
Při log. 1 na vstupu je otevřen T2, který připojuje + od C1 na zem, D1 je otevřena a tak se C2 nabije na záporné napětí (vůči zemi).

Kondenzátor, který se nabíjí „obráceně“

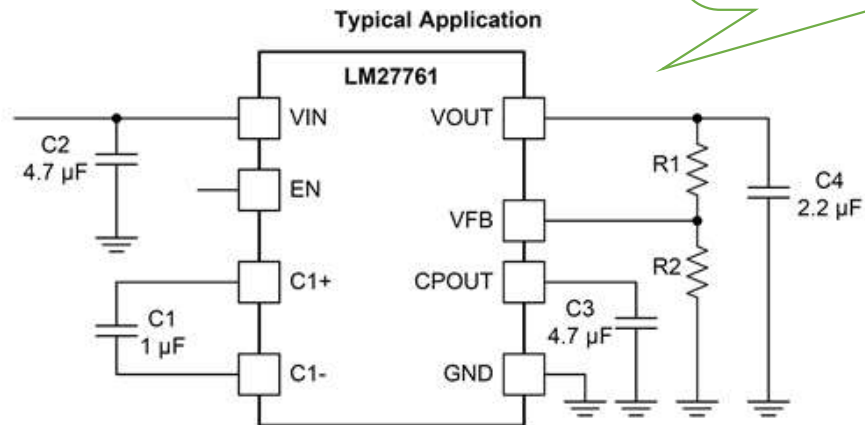


Jsou třeba dva kroky – nejdříve nabít C1 a pak přelít náboj do C2. Pokud se náboj z C2 odčerpává, je třeba periodicky „pumpovat“.

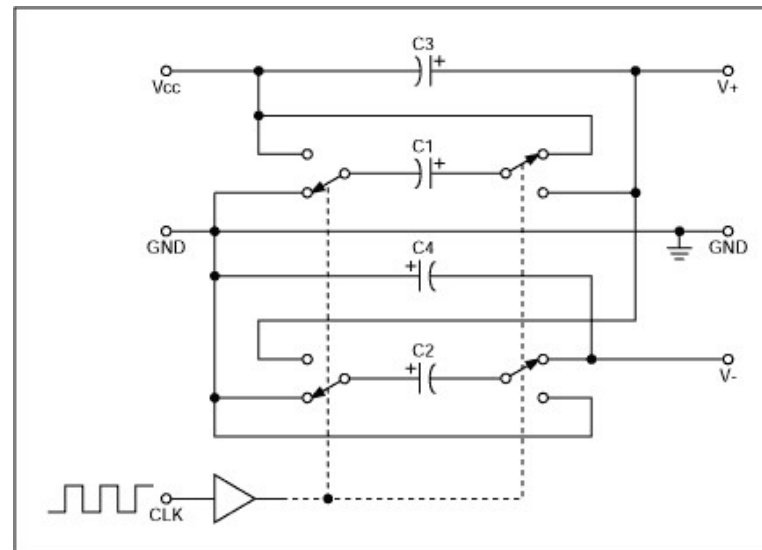
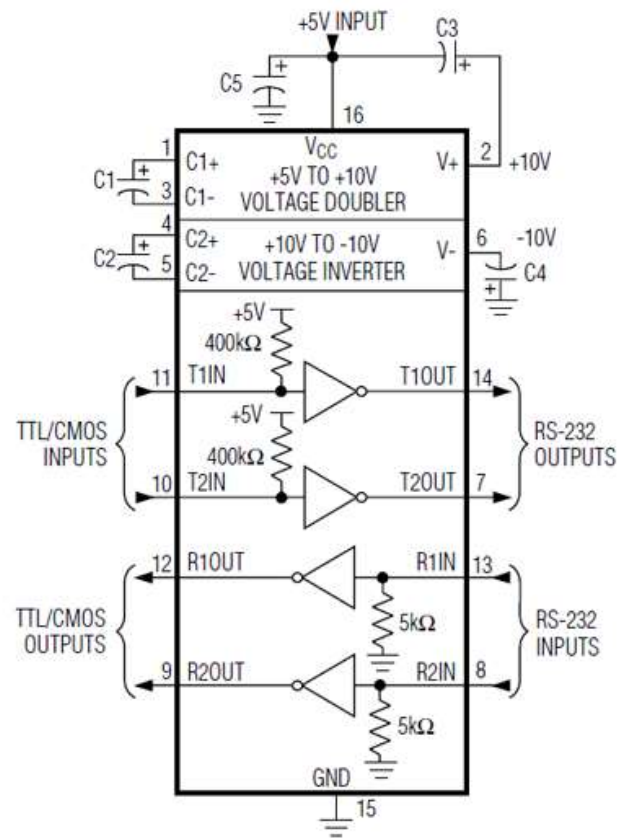
Nábojová pumpa jako hotový obvod



Obvod obsahuje kromě nábojové pumpy i lineární regulátor záporného napětí.

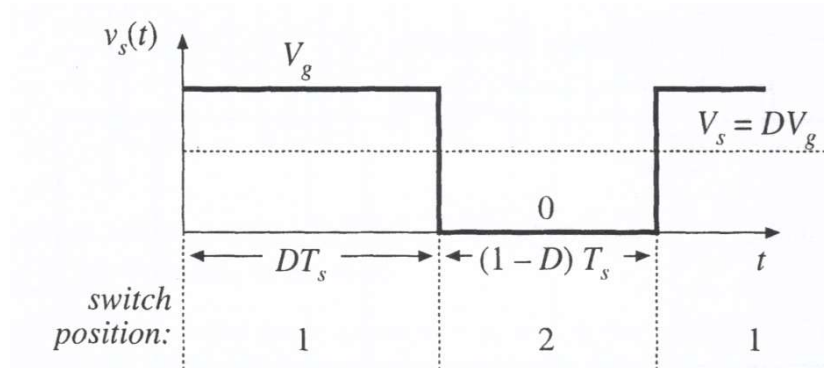
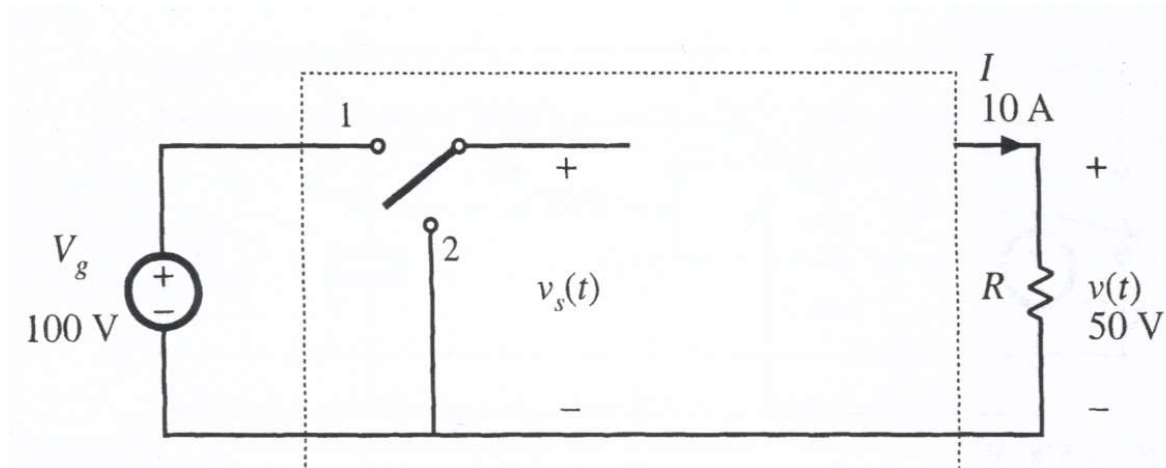


Příklad využití



Převodník signálů číslicového rozhraní z běžných úrovní obvodů TTL/CMOS na úroveň používané na komunikační lince standardu RS-232 (např. porty COM).

Spínaný zdroj (switching power supply)

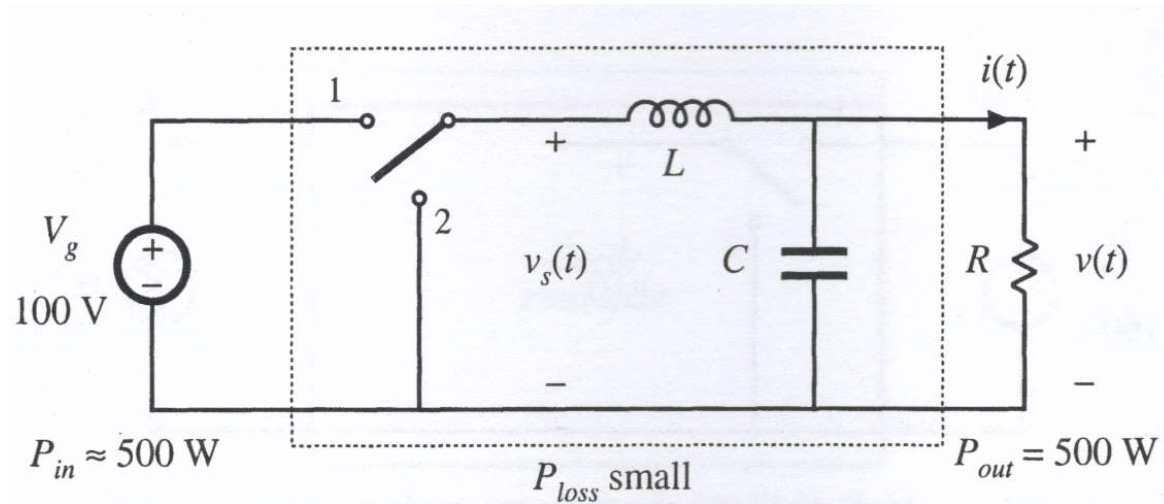


Přepínač „dávkuje“ energii do spotřebiče. Výsledkem je střídavé napětí, jeho střední hodnota (stejnoseměrná složka) je

$$V_s = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_s(t) dt = DV_g$$

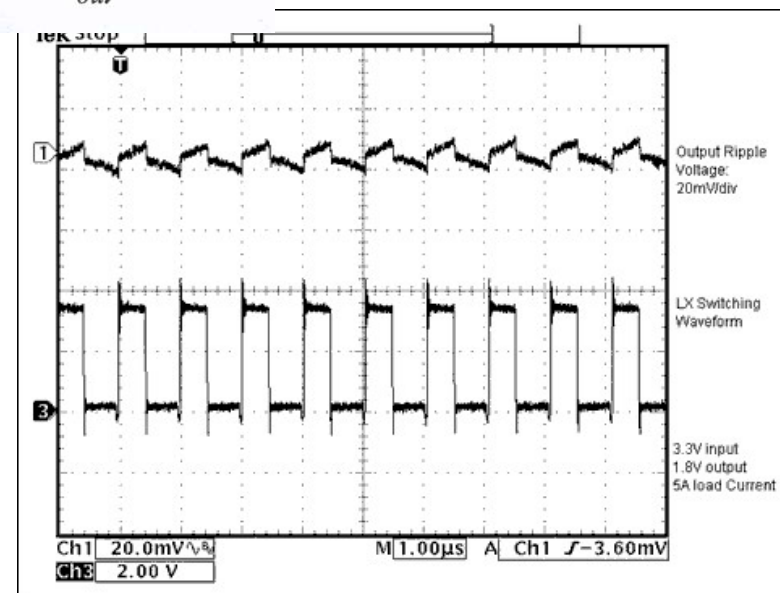
... jenže náš signál obsahuje ještě spousty dalších harmonických složek.

Spínaný zdroj – „Buck Converter“

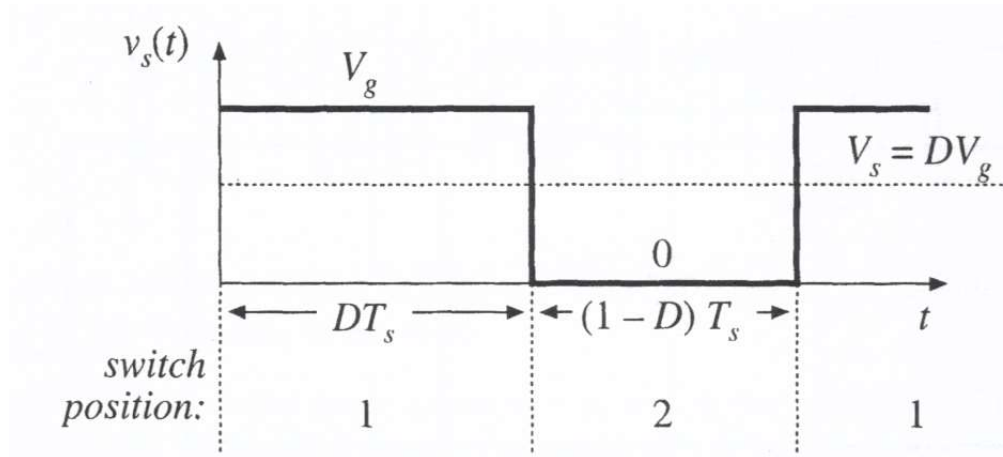


Protože potřebujeme pouze stejnosměrnou složku,

přidáme LC filtr (dolní propust), která výstup „vyhladí.“



Spínaný zdroj – „Buck Converter“



$$V_s = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_s(t) dt = DV_g$$

Stejnosemřná složka napětí na výstupu zdroje (na zátěži) závisí na poměru mezi dobou, kdy je spínač v poloze 1 a v poloze 2 – hodnota D.

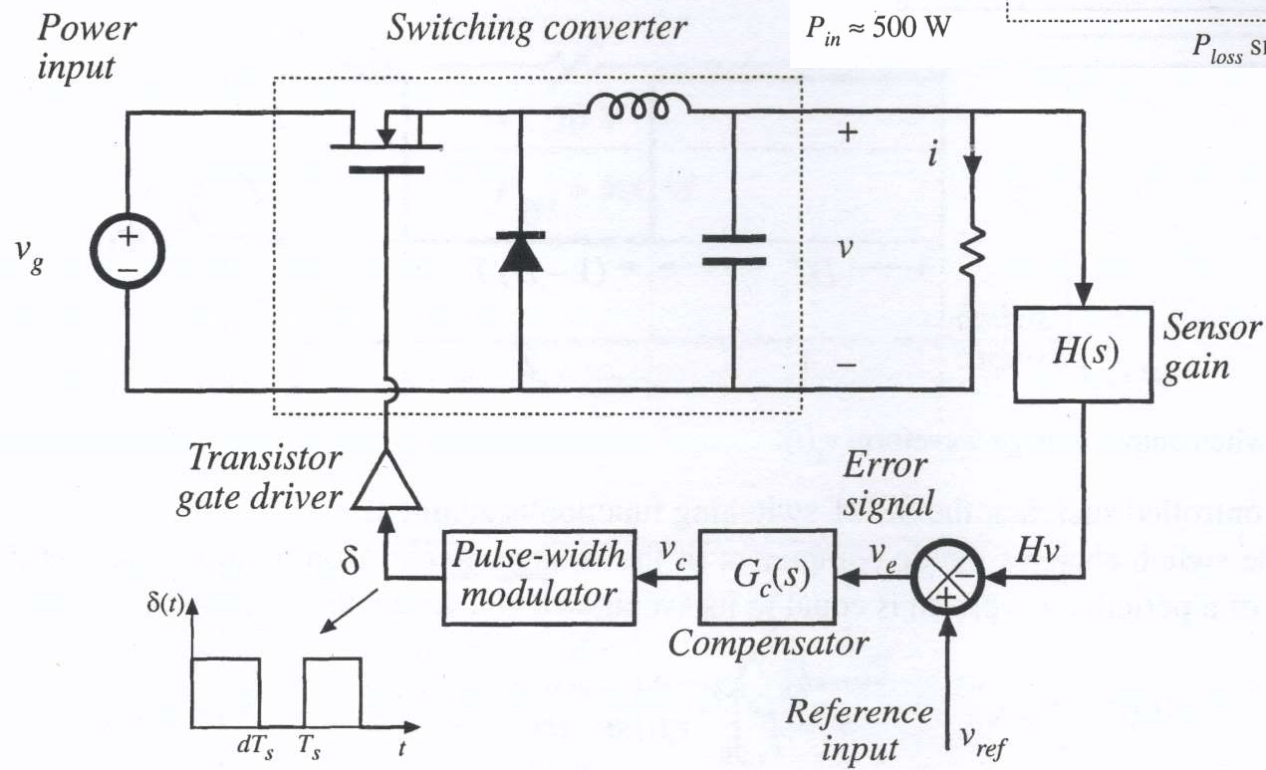
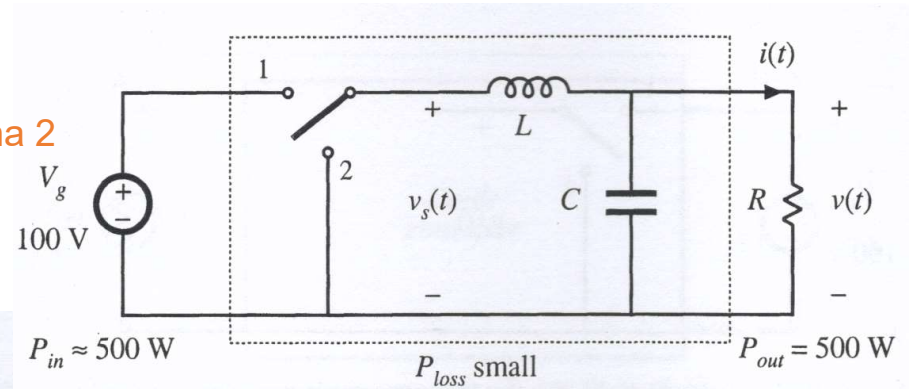
V rámci periody může D nabývat hodnot z intervalu $<0,1>$ (či v % 0-100).

Hodnotě D říkáme **STŘÍDA** (angl. Duty Cycle).

Řízení stejnosměrné složky pulsního signálu se říká Pulsně-šířková modulace (angl. Pulse-Width Modulation, PWM).

Realizace

Sepnutý tranzistor, dioda závěrně – poloha 1
 Rozepnutý tranzistor, dioda propustně – poloha 2



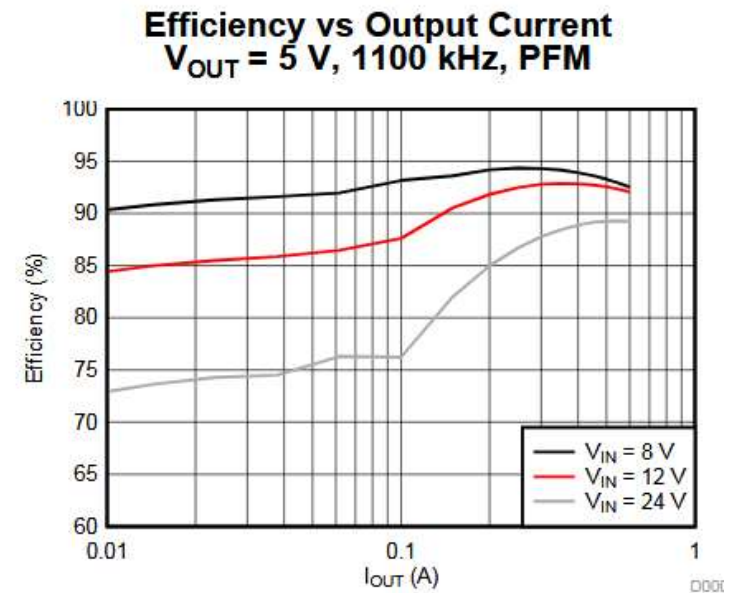
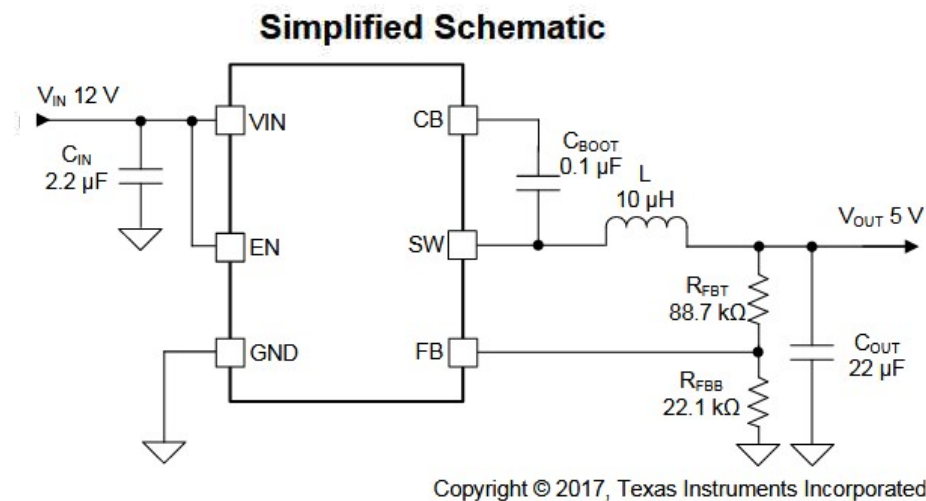
Moderní „Buck Converter“ - příklad



TPS560430

SLVSE22B – SEPTEMBER 2017 – REVISED JUNE 2018

TPS560430 SIMPLE SWITCHER® 4-V to 36-V, 600-mA Synchronous Step-Down Converter



TPS560430 SIMPLE SWITCHER® 4-V to 36-V, 600-mA Synchronous Step-Down Converter

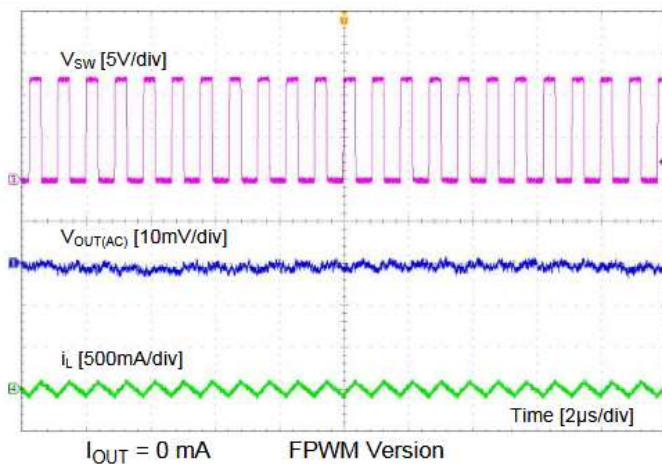


Figure 19. Ripple at No Load

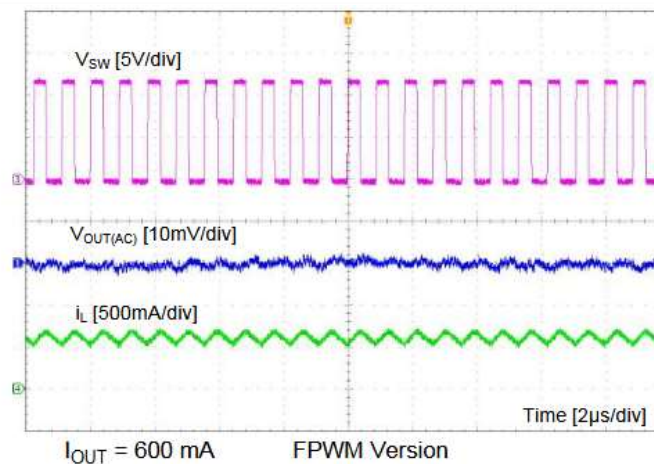


Figure 20. Ripple at Full Load

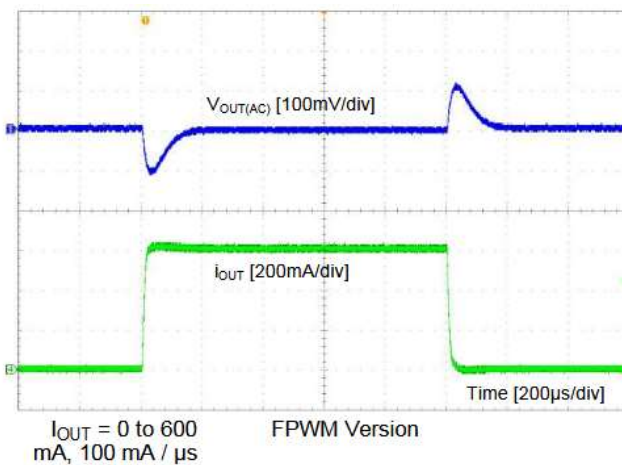


Figure 23. Load Transient

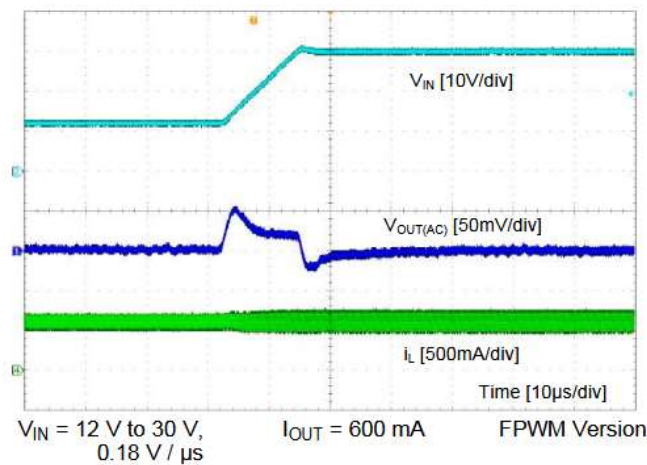
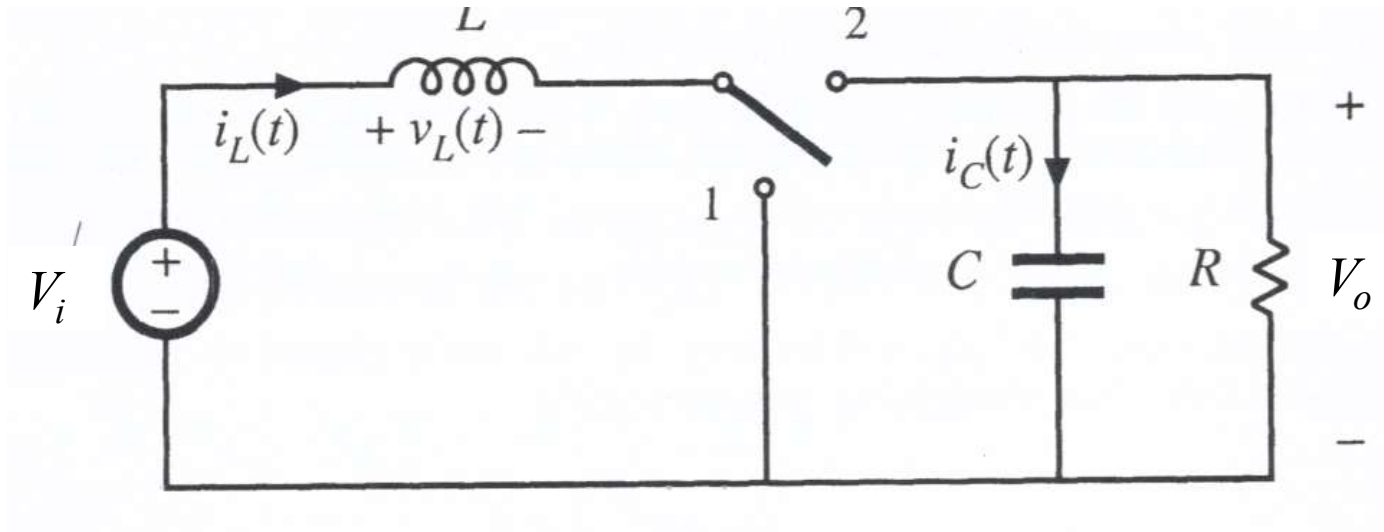


Figure 24. Line Transient

Jiná varianta – „Boost Converter“

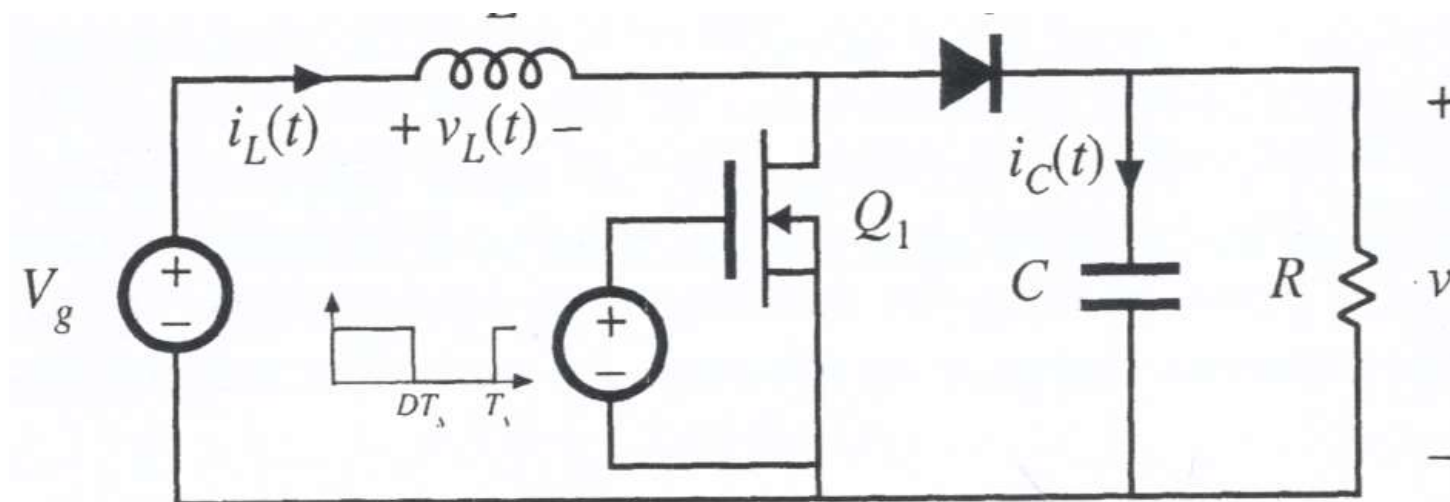


Poloha 1:
$$\Delta I_{L_{on}} = \frac{1}{L} \int_0^{DT} V_i dt = \frac{DT}{L} V_i$$

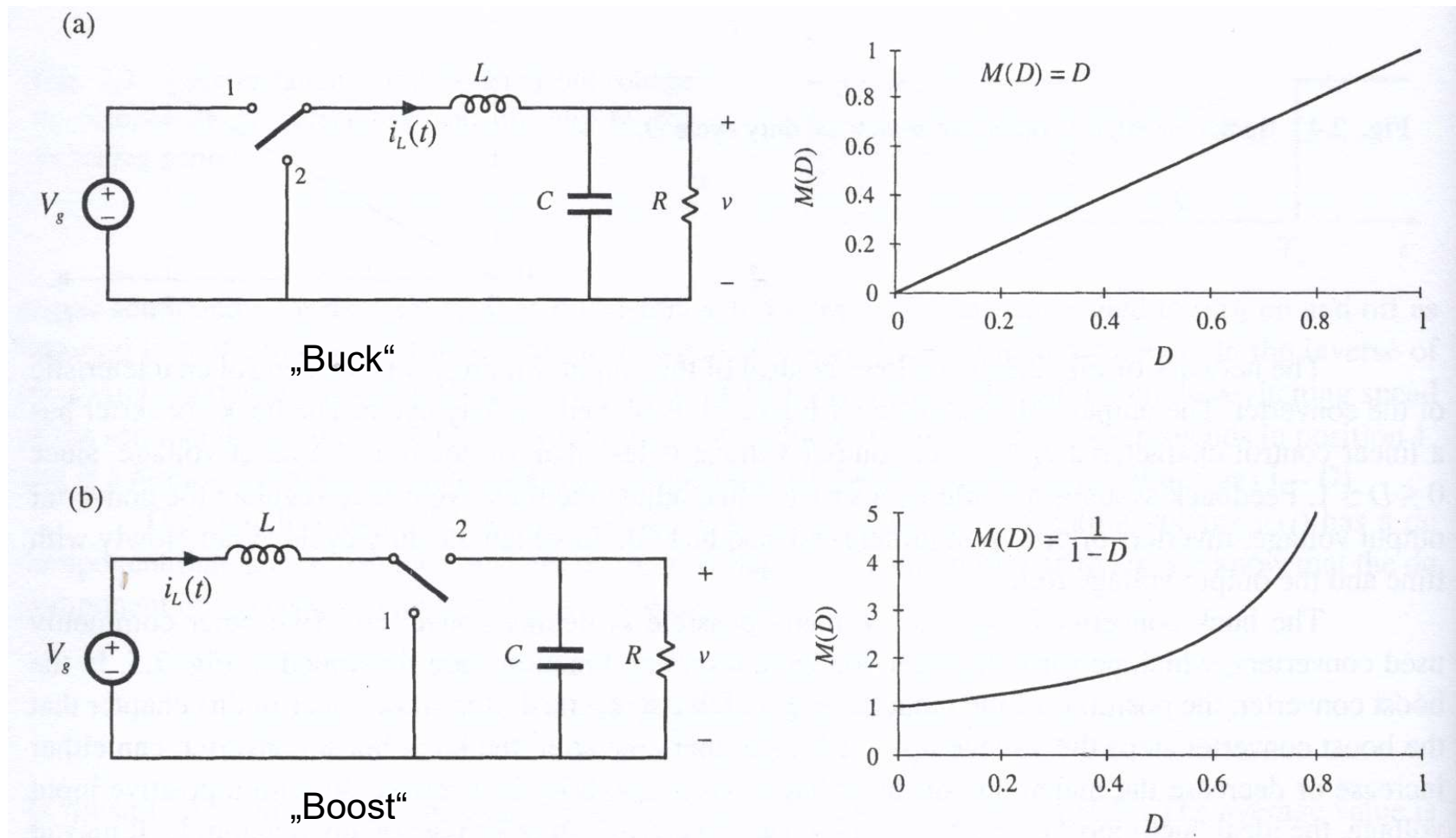
Poloha 2:
$$\Delta I_{L_{off}} = \int_{DT}^T \frac{(V_i - V_o) dt}{L} = \frac{(V_i - V_o)(1 - D)T}{L}$$

$$\Delta I_{L_{on}} + \Delta I_{L_{off}} = \frac{V_i DT}{L} + \frac{(V_i - V_o)(1 - D)T}{L} = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 - D}$$

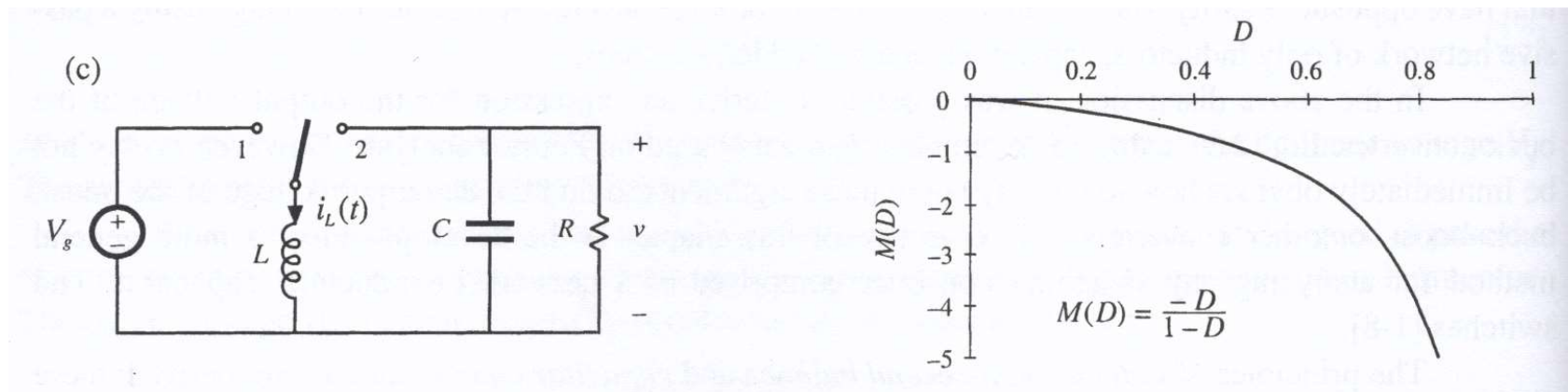
Realizace „Boost converteru“



Porovnání



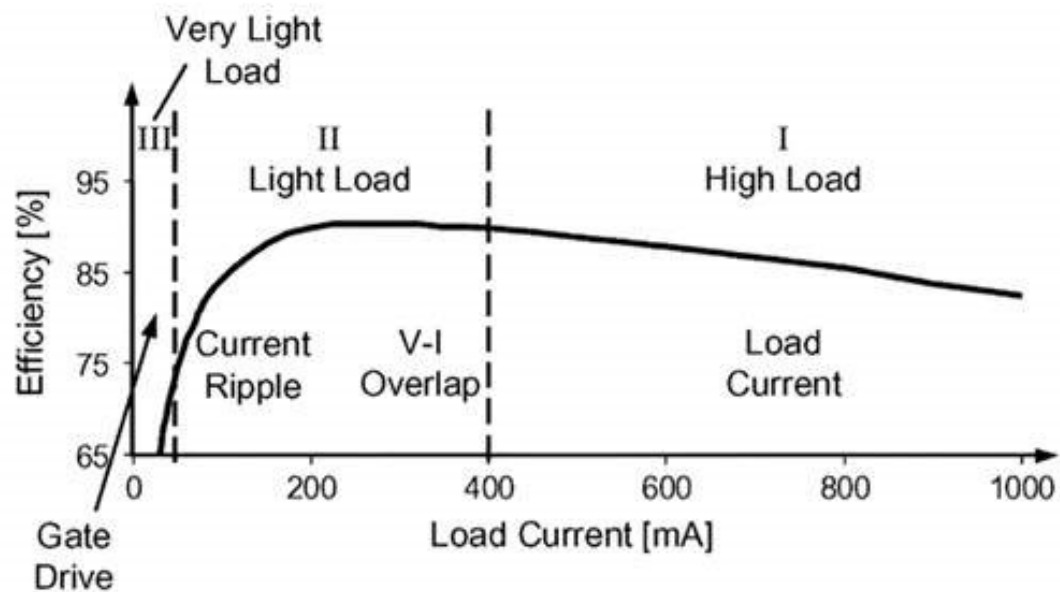
Buck-Boost – invertující měnič



Efektivita měniče napětí

Žádný měnič není ideální, vždy na něm část přenášené energie ztratíme.

Nejkritičtější bývají ztráty na reálném odporu cívky (tzv. copper loss) a pak také na spínači (tranzistoru), případně rychlost přepnutí (dioda).

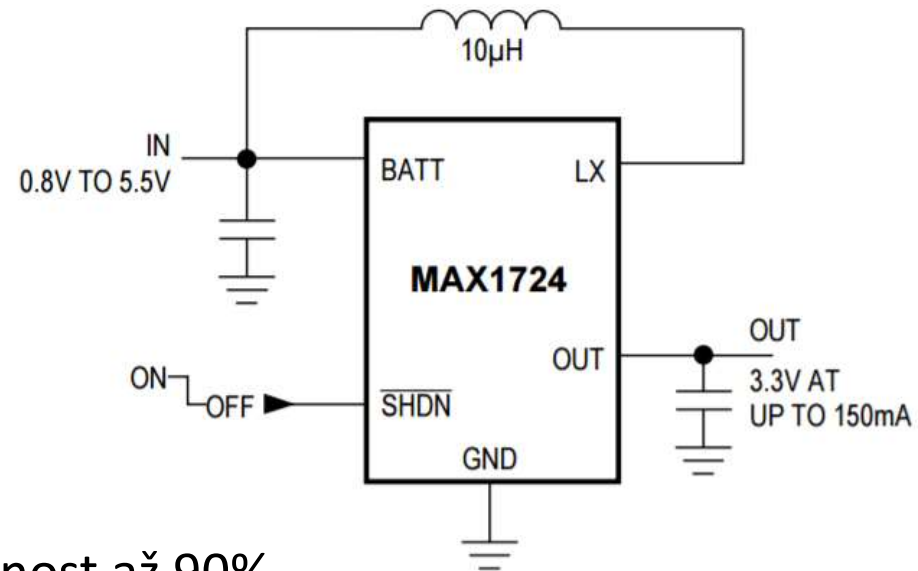


Příklad step-up měniče

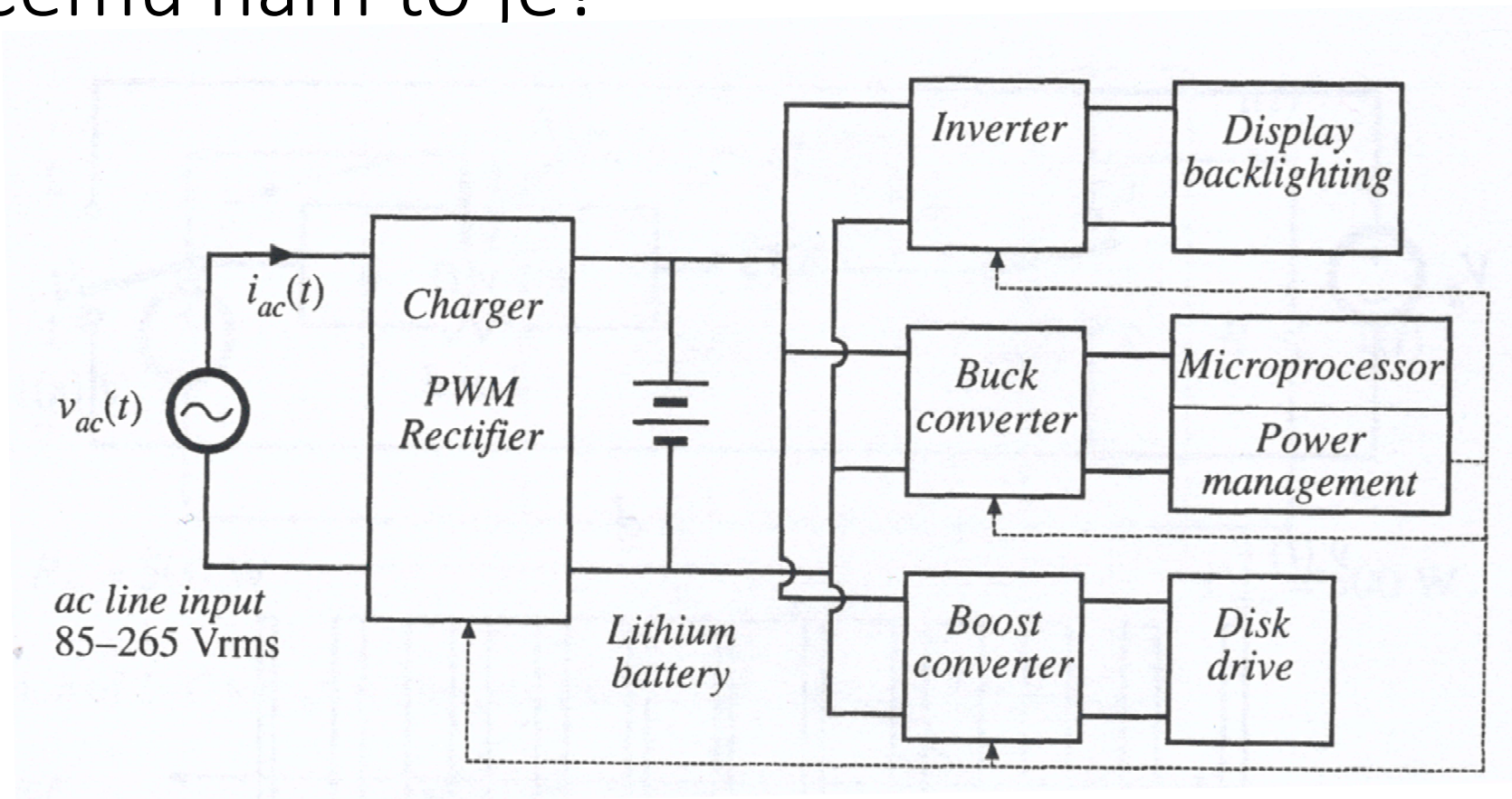
který umožní systému běžet z jednoho článku

MAX1724:

- běží od 0,8 V
(i s dost vybitým článkem)
- výstup 3,3 V, až 150 mA
(existuje i verze s nastavitelným
výstupním napětím 2 – 5,5 V)
- vl. spotřeba 1,5 μ A, účinnost až 90%
(účinnost je horší pro malý odběr nebo při slabé baterii)
- malé rozměry: 2 x 2 x 0,75 mm

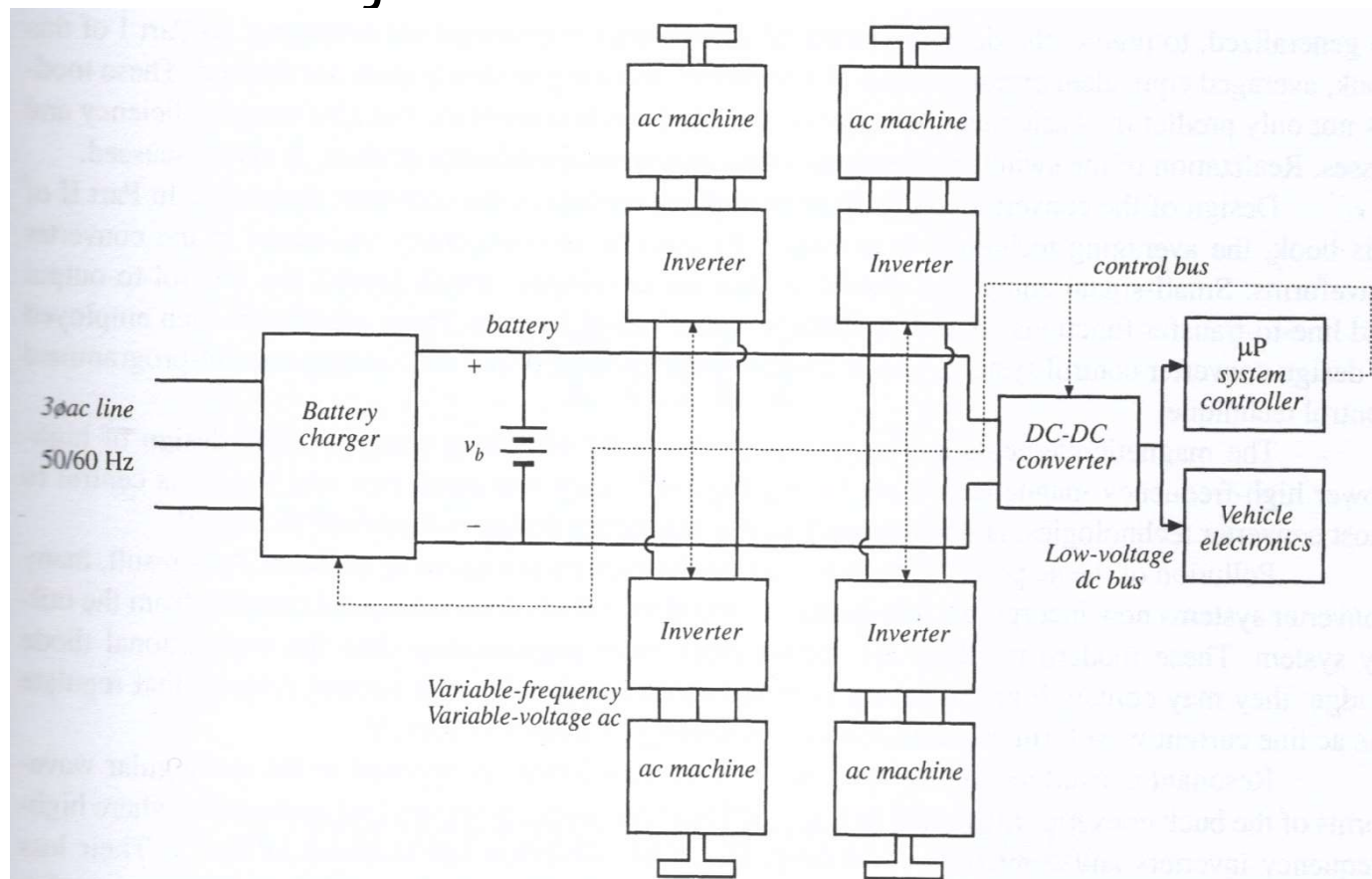


K čemu nám to je?



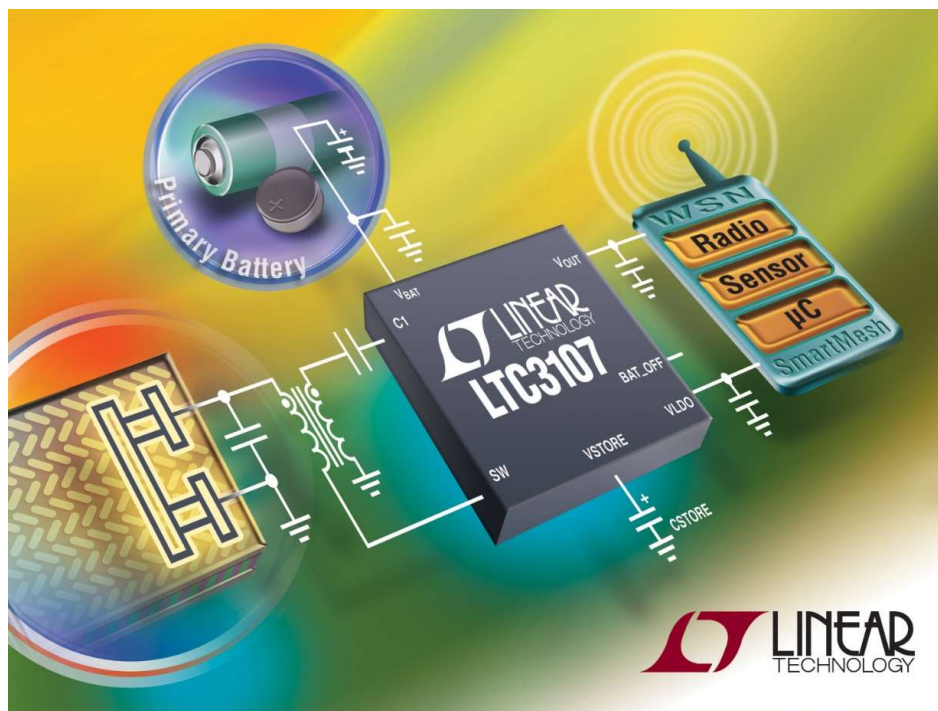
... například zdrojová soustava notebooku.

K čemu nám to je?



... pohon elektrických vozidel.

K čemu nám to je?



Summary of Features: LTC3107

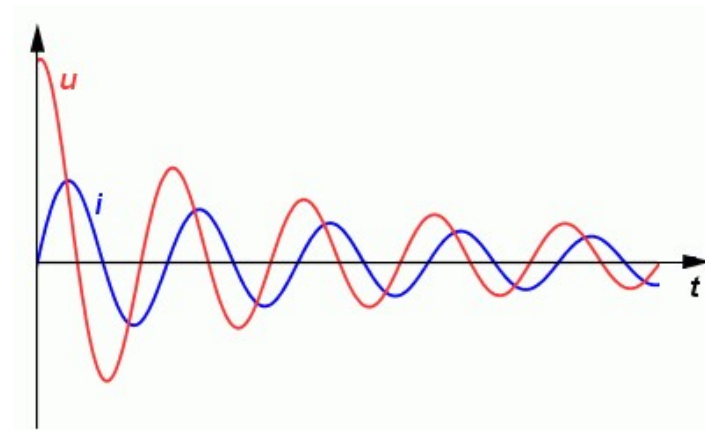
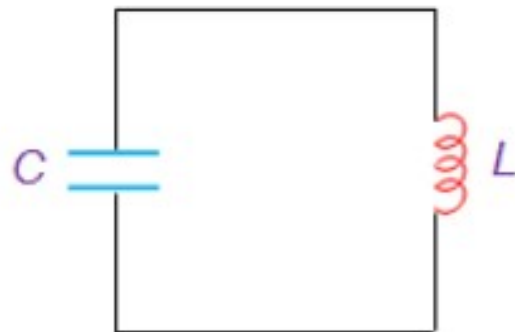
- Thermal Energy Harvesting Assisted Power Management System
- V_{OUT} Tracks the Primary Battery Voltage
- 2.2V LDO Output
- Reserve Energy Output, Clamped to 4.3V
- Operates from Inputs as Low as 20mV
- Battery In-Use Indicator (BAT_OFF)
- I_Q from Battery:
 - 80nA When Energy Harvesting
 - 6µA with No Energy Harvesting
- Standard Compact Step-Up Transformer
- Small, Thermally Enhanced 10-Lead 3mm x 3mm DFN Package

„Energy harvesting“ aplikace – například zde: obvod s měničem, který dokáže využívat malé napětí z termoelektrického generátoru, když je k dispozici a šetřit tak baterii.

Kmitající obvody

Oscilátory, multivibrátory, zdroje hodinového signálu a jeho úprava

Kmitající obvod



$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Oscilátor

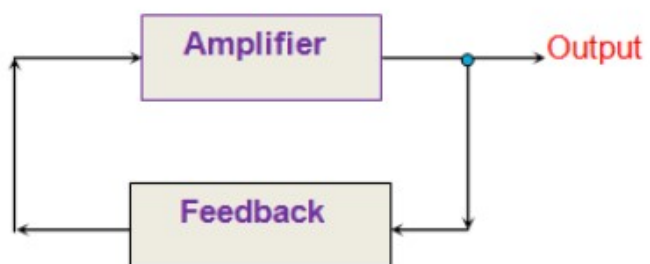
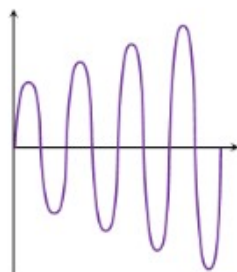
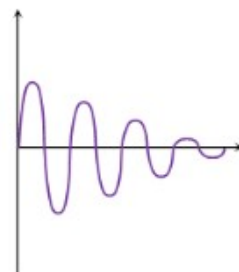


Figure 3 Typical Oscillator

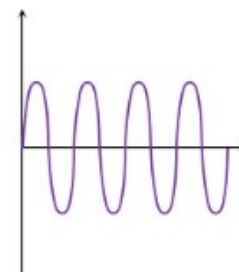
Zesilovač by měl dodávat právě tolik energie, kolik se ztratí ve zpětné vazbě. Pak jsou kmity ustálené (c).



(a)

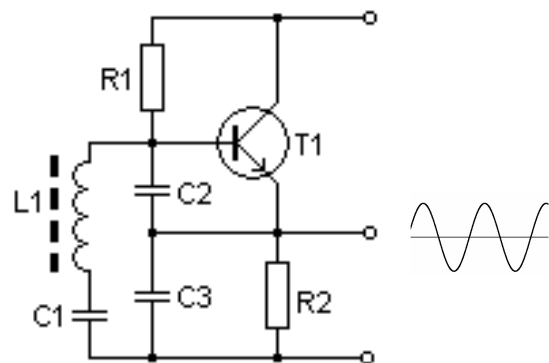


(b)

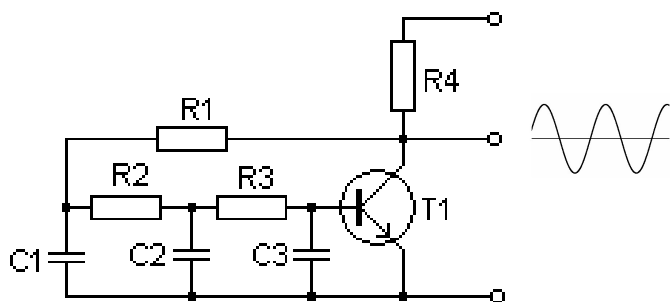


(c)

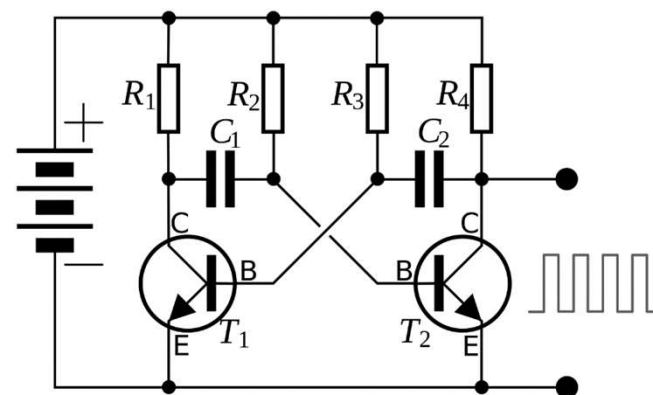
Oscilátory a multivibrátory



Tzv. Clappův oscilátor s rezonančním obvodem.

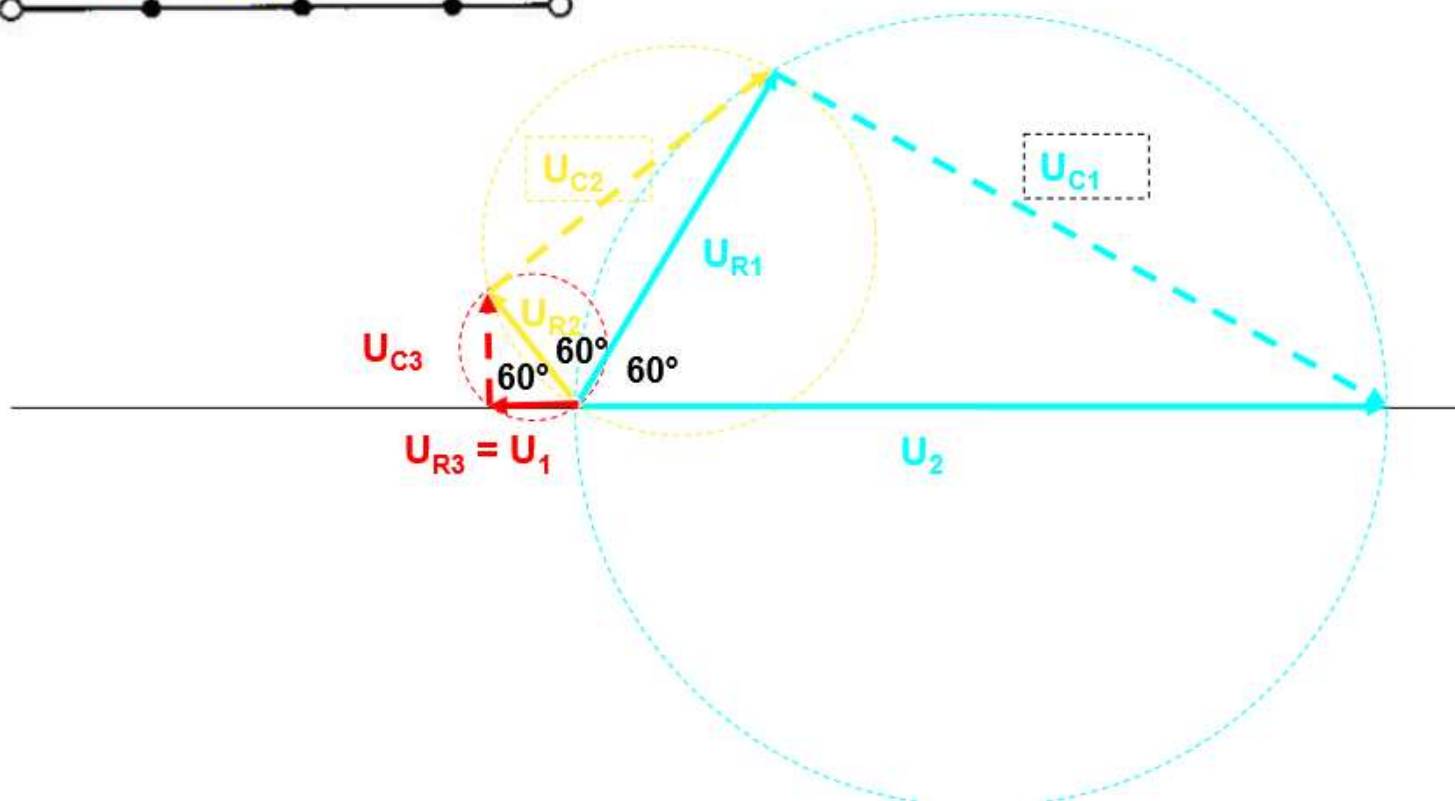
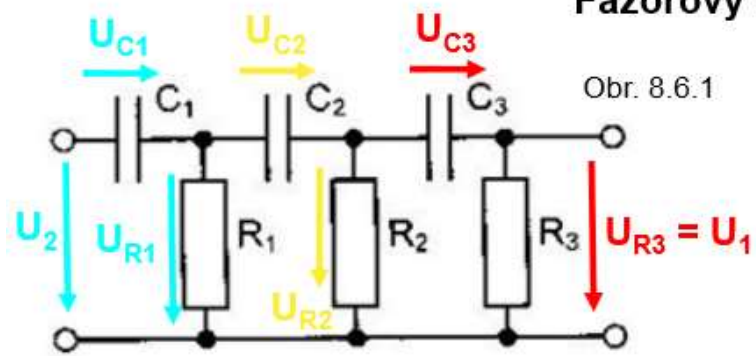


Trojice integračních článků způsobí, že oscilátor kmitá právě na tom kmitočtu, kde je jejich fázový posuv právě 180°

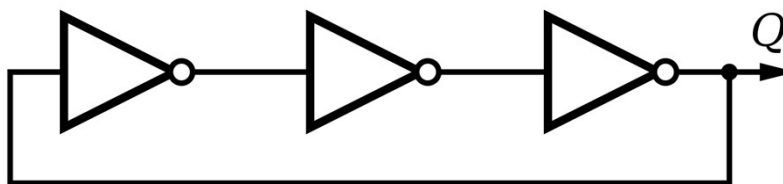


Multivibrátor periodicky střídá diskrétní stavy – v tomto případě dva.

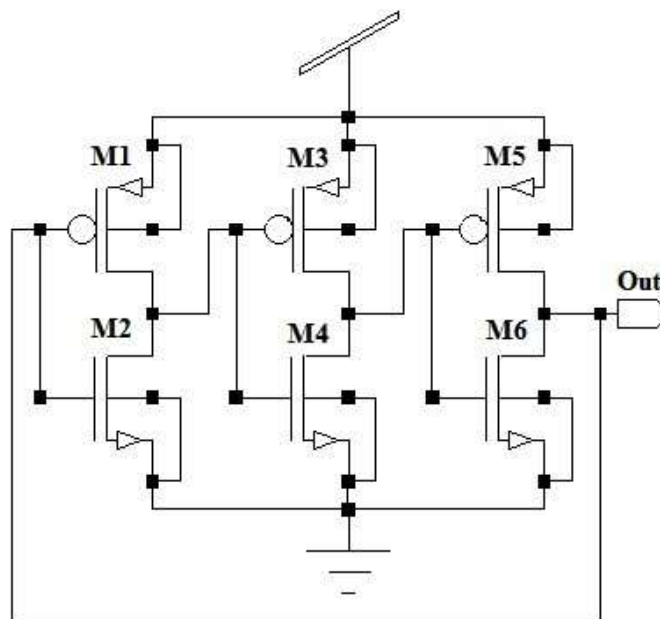
Fázorový diagram řídicího obvodu pro RC oscilátor



Kruhový oscilátor



$$F = \frac{1}{\left(t_{p_{LH}} + t_{p_{HL}} \right) \times n}$$



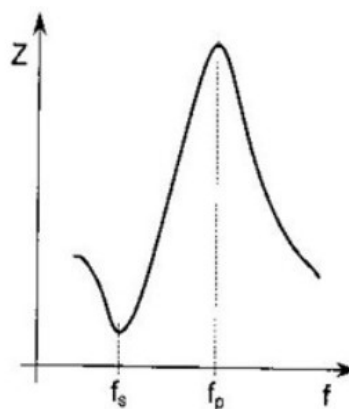
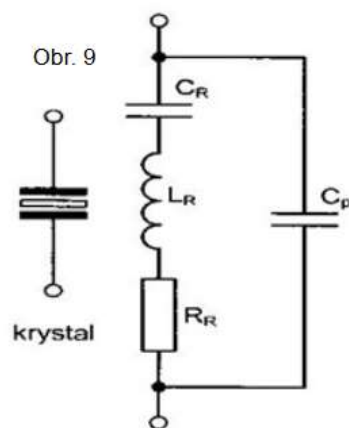
Oscilátory s krystalem

Pro větší stabilitu kmitočtu, v informatice velmi používané.

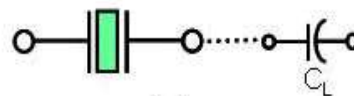
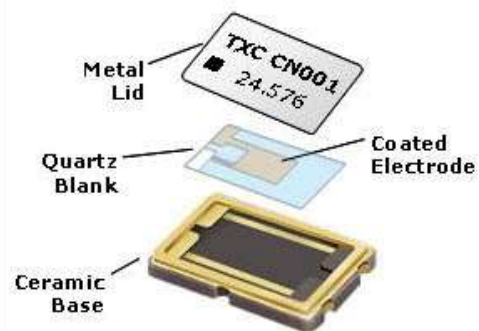
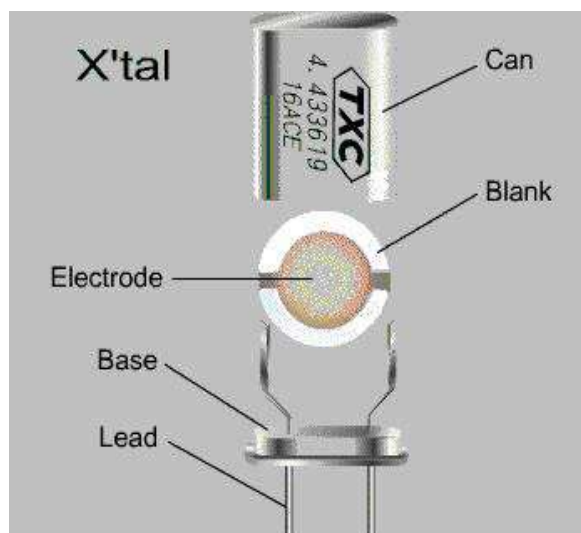
Krystal je pasivní součástka, oscilátor je obvod, v němž se periodicky mění napětí. Vynalezen 1929.

Krystal se do obvodu oscilátoru vkládá typicky do zpětné vazby.

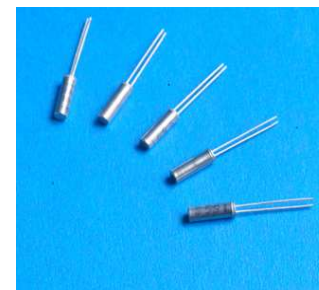
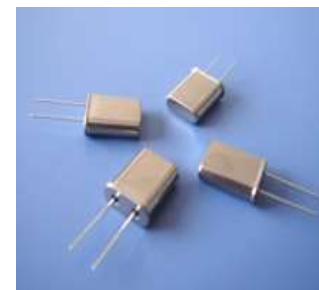
Krystal se chová jako RLC rezonanční obvod. V sériové rezonanci má nejnižší impedanci, proto obvod se zpětnou vazbou kmitá na jeho sériovém rezonančním kmitočtu.



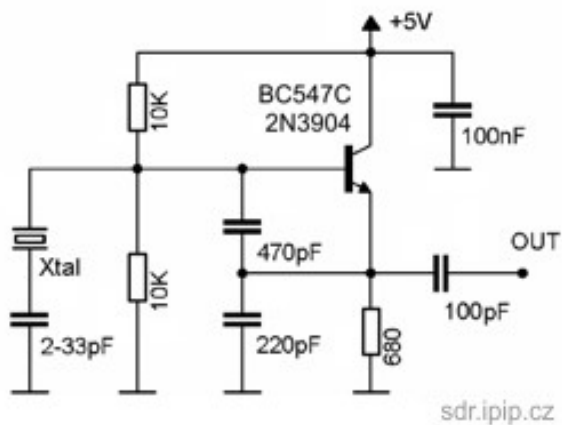
Krystal – obvodová součástka



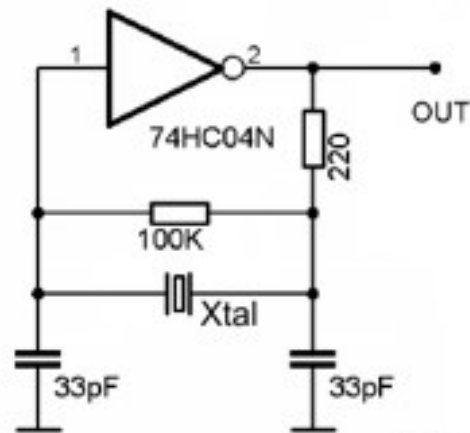
(Fig.7) (a) Metal can type resonator
(b) Ceramic SMD type resonator
(c) Symbol of crystal unit



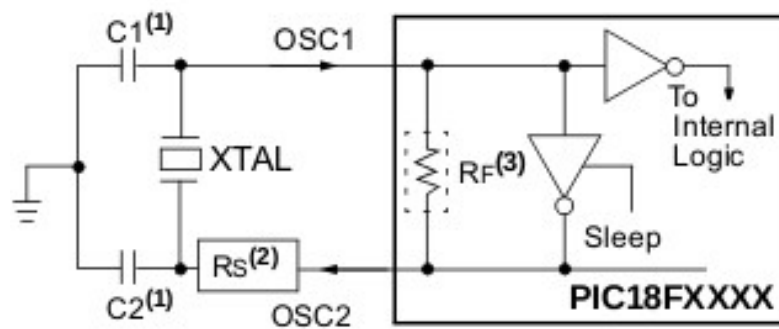
Příklady krystalových oscilátorů



Colpittsův oscilátor



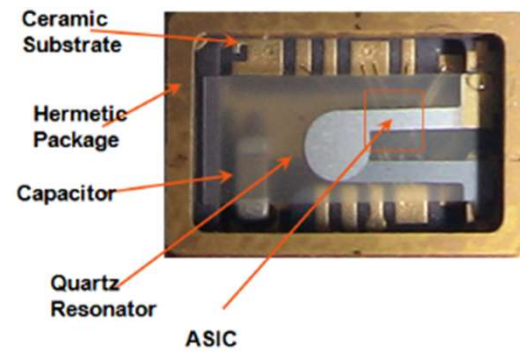
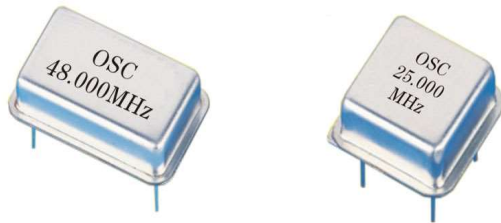
Oscilátor s invertujícím logickým členem



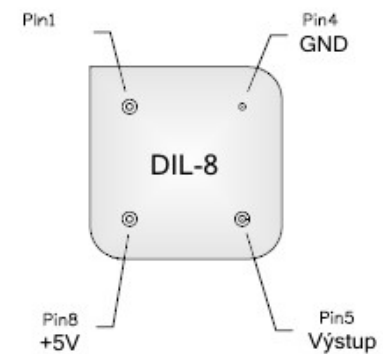
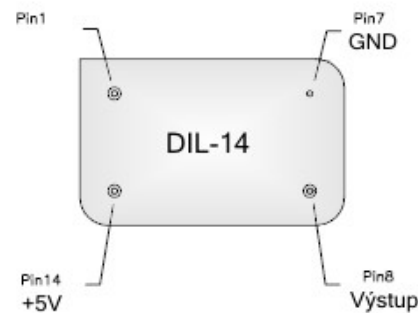
Oscilátor uvnitř mikrokontroléru

Zapouzdřené krystalové oscilátory

= kmitající obvody s krystalem.



Zapojení krystalového oscilátoru

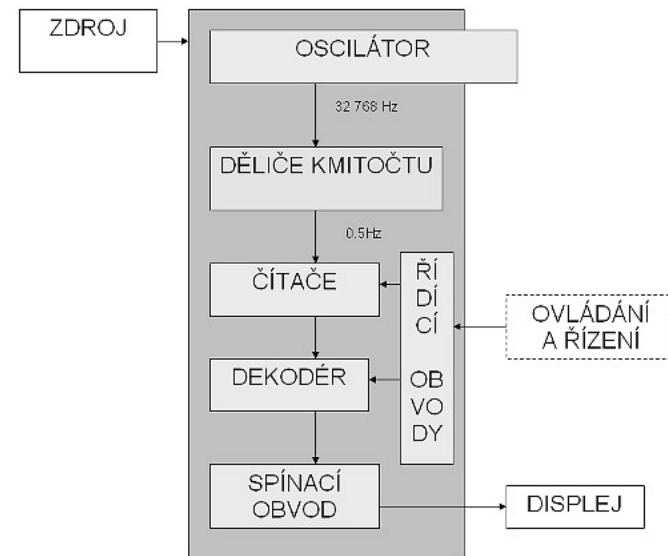
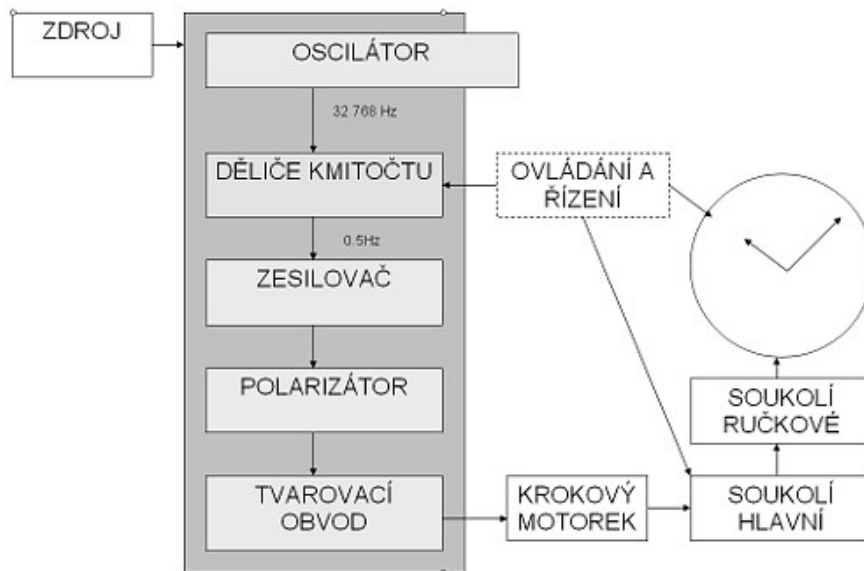
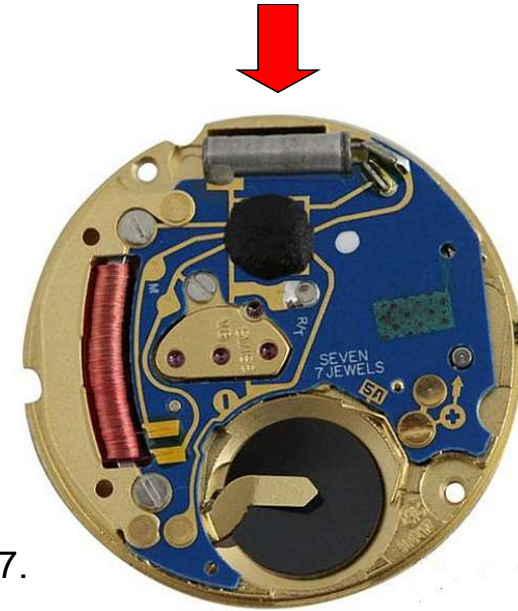


Hodinky

Quartz = křemenný krystal

Typický rezonanční kmitočet je **32 768 Hz**.
Dobře se dělí binární děličkou (2^{15}) na
sekundové impulsy.

Pro stabilizaci chodu hodinek se krystal používá od roku 1967.





Si570/Si571

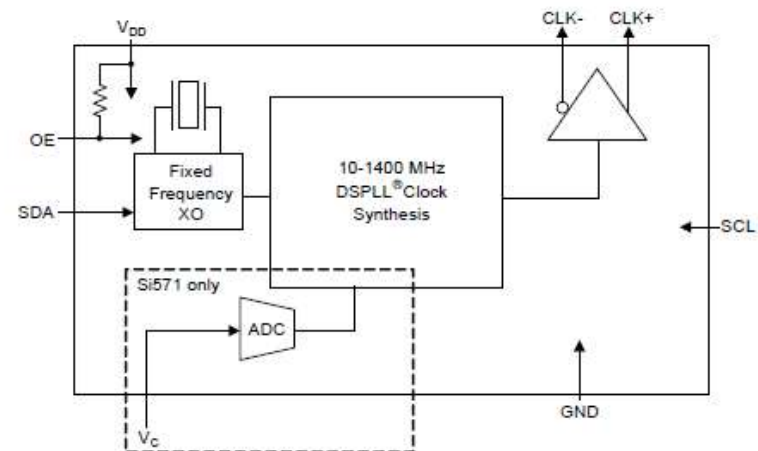
10 MHz TO 1.4 GHz I²C PROGRAMMABLE XO/VCXO

Features

- Any programmable output frequencies from 10 to 945 MHz and select frequencies to 1.4 GHz
- I²C serial interface
- 3rd generation DSPLL[®] with superior jitter performance
- 3x better frequency stability than SAW-based oscillators
- Internal fixed crystal frequency ensures high reliability and low aging
- Available LVPECL, CMOS, LVDS, and CML outputs
- Industry-standard 5x7 mm package
- Pb-free/RoHS-compliant
- 1.8, 2.5, or 3.3 V supply

Applications

- SONET/SDH
- xDSL
- 10 GbE LAN/WAN
- ATE
- High performance instrumentation
- Low-jitter clock generation
- Optical modules
- Clock and data recovery



Schmittův klopný obvod

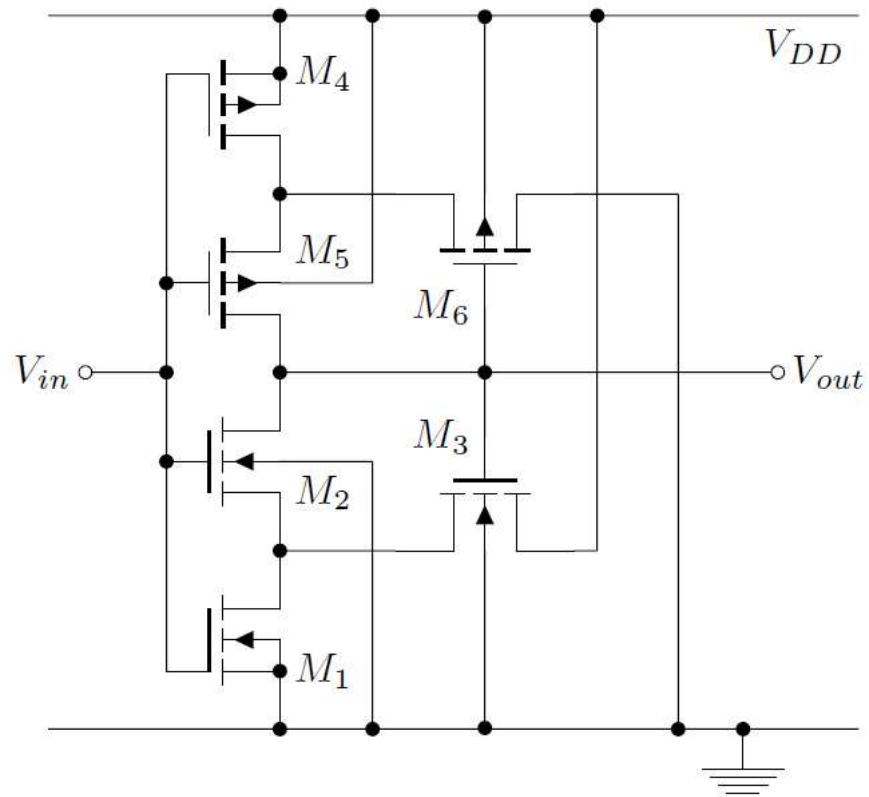


Fig. 2. Conventional CMOS S/T implementation (from [4])

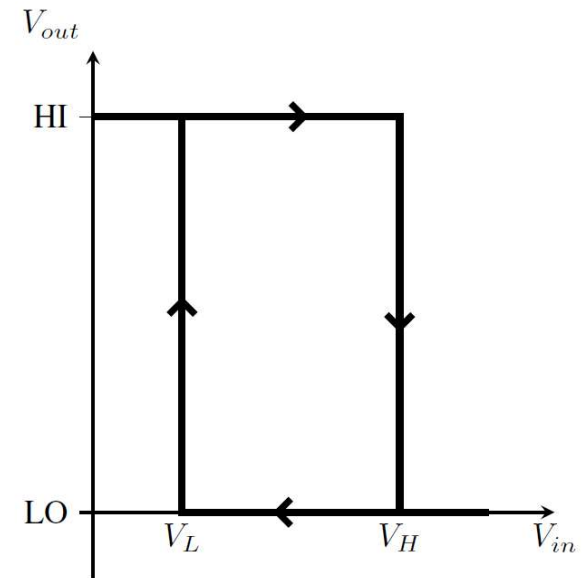
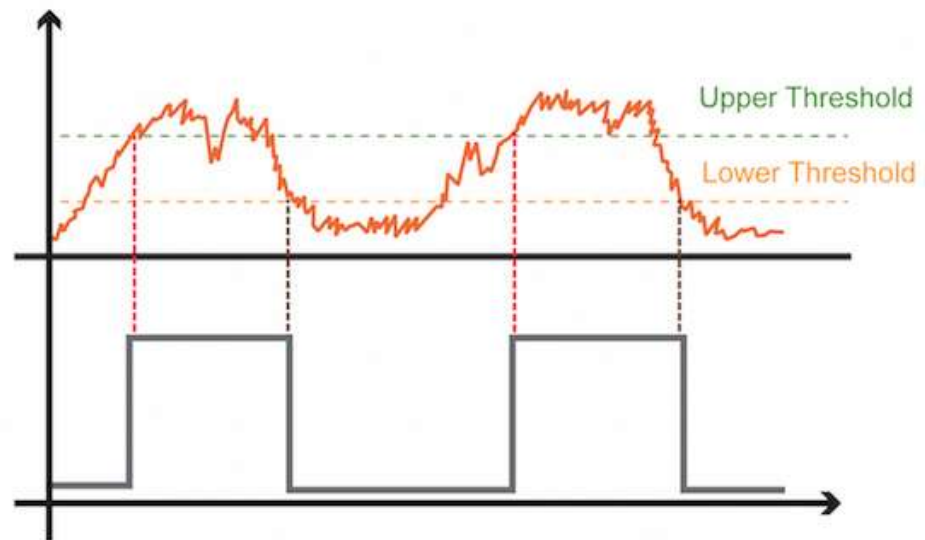
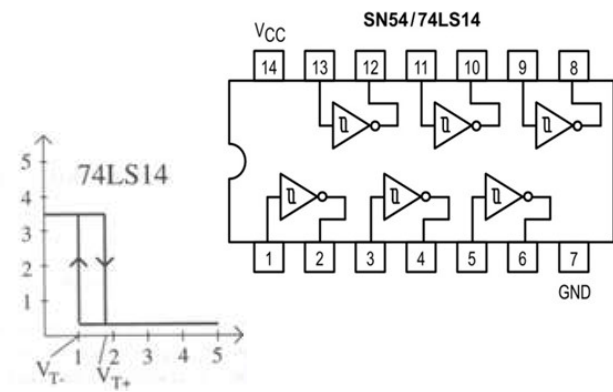
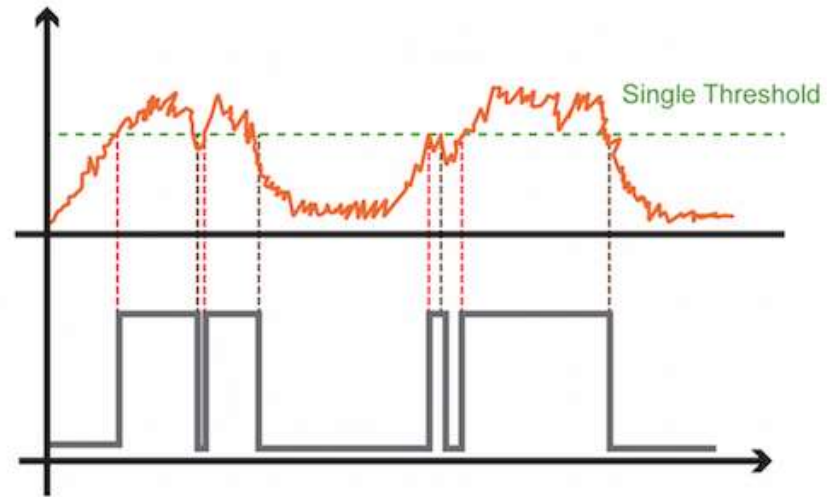
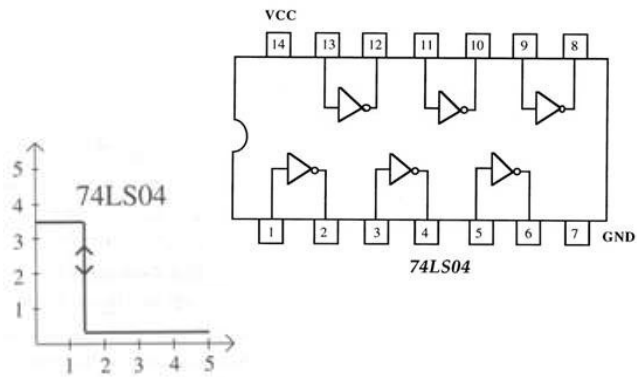
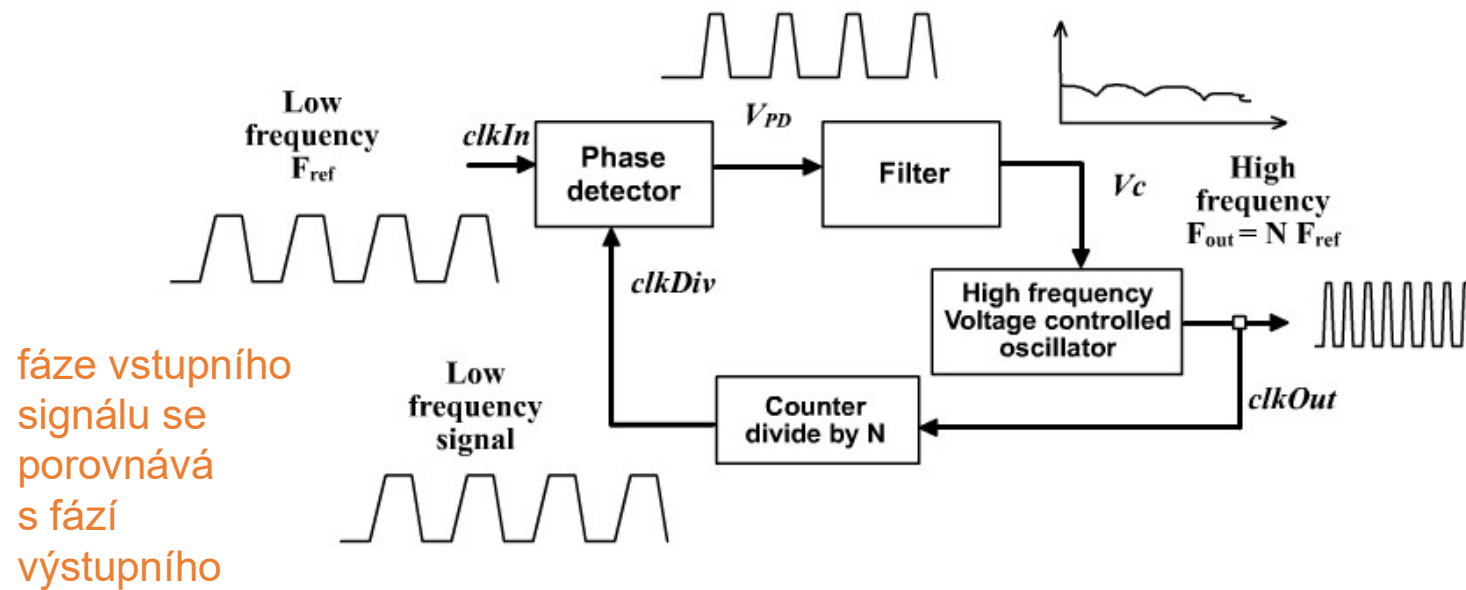


Fig. 1. S/T hysteresis



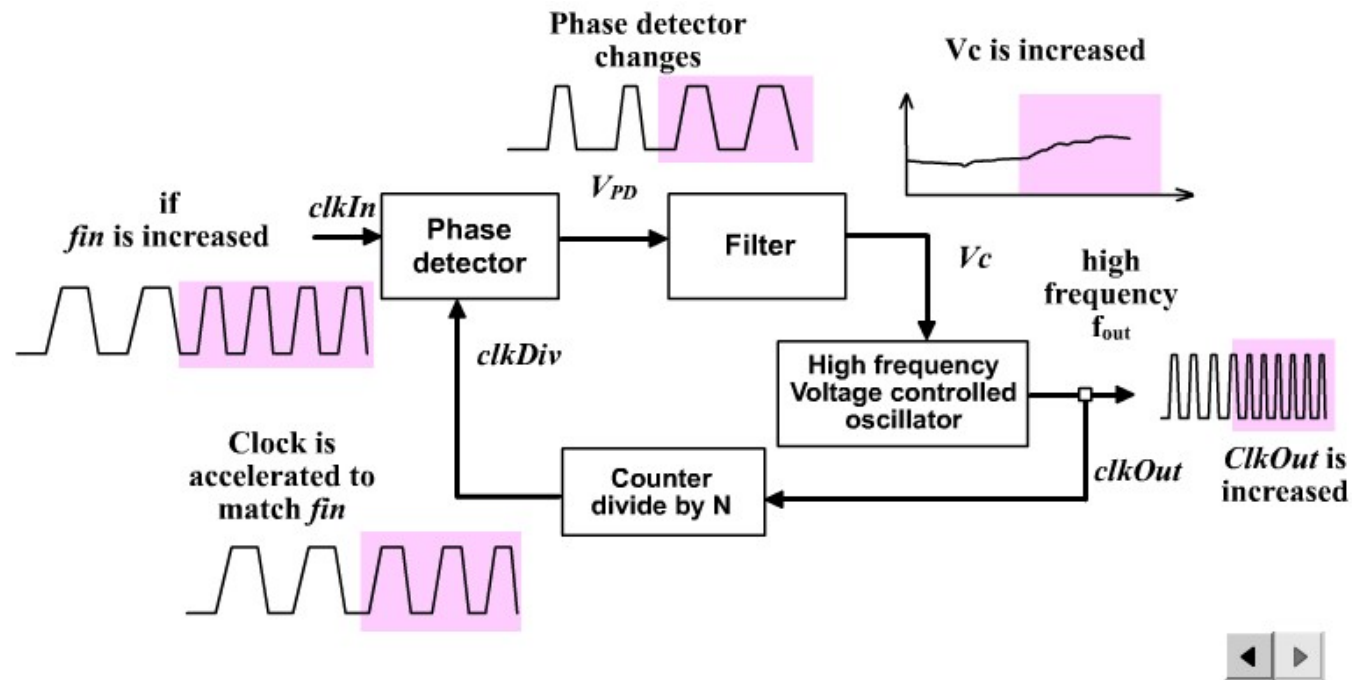
Fázový závěs

angl. Phase-Locked Loop, PLL

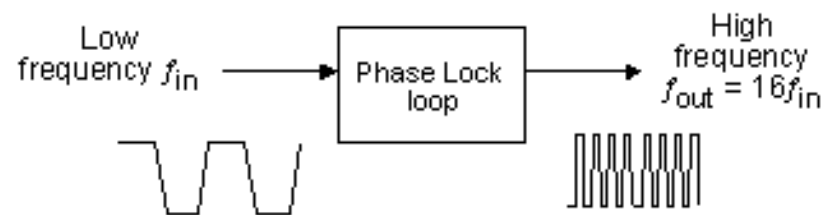


... protože fáze je derivací frekvence, bude přesnost frekvence výstupu závislá na přesnosti frekvence vstupu.

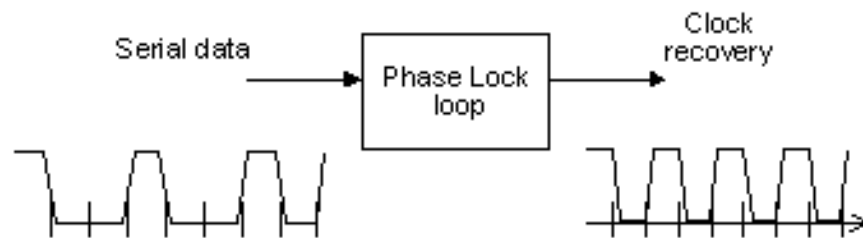
Regulační smyčka fázového závěsu



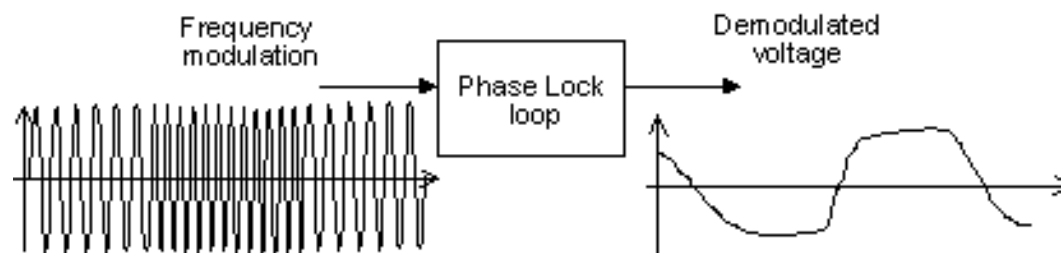
K čemu se to dá použít?



(a) PLL used to accelerate clock signals



(b) PLL used for clock recovery



(c) PLL used for frequency demodulation