

**Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Toledo**  
**Engenharia da Computação – COENC**

## **Sistemas Embarcados**

# **Fontes de Alimentação**

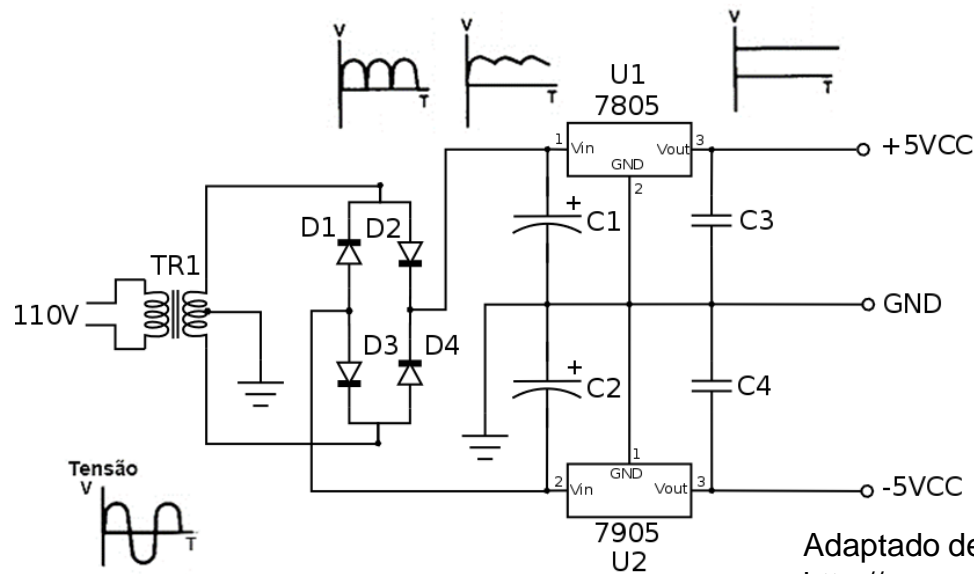
**Tiago Piovesan Vendruscolo**



Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito aos autores originais. [4.0 international](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

- Alguns parâmetro que devem ser levados em consideração ao projetar ou escolher a fonte de alimentação para o sistema embarcado:
  - Tensão de entrada e saída;
  - Corrente;
  - Ripple – Variação de tensão na saída da fonte;
  - Consumo;
  - Isolação;
  - Interferência;
  - Proteção.

# Conversão AC - CC



Adaptado de  
<http://www.c2o.pro.br/hackaguas/apb.html>

A conversão AC – CC segue os passos mostrados a seguir:

1. Transformador - Transforma a tensão AC e corrente de entrada para um valor menor ou maior em AC, no caso de sistemas embarcados, geralmente é reduzido para abaixo de 15 volts.
2. Ponte retificadora - Retifica os ciclos de modo a produzir uma saída positiva.
3. Filtragem - Filtra a tensão pulsada do retificador em uma tensão contínua, no entanto, ainda terá um ripple alto.
4. Regulação - Regula a saída de modo a ter uma tensão com valor fixo e baixo ripple, uma série bastante utilizada de reguladores é a série LM78XX, que será visto a seguir.

# Reguladores lineares

- São os componentes mais fáceis de encontrar e trabalhar.
  - Simples;
  - Alta confiabilidade;
  - Baixa eficiência;
  - Maior temperatura.
- Resumindo: São as melhores escolhas quando a disponibilidade de energia, espaço e calor gerado não são problemas para o projeto.

# Reguladores lineares

- Série LM78XX e LM79XX

LM78xx Voltage Regulators

Part Number	Input Voltage Range (V)	Output Voltage (V)
LM7805	7-25	5
LM7806	8-25	6
LM7808	10.5-25	8
LM7809	11.5-25	9
LM7810	12.5-25	10
LM7812	14.5-30	12
LM7815	17.5-30	15
LM7818	21-33	18
LM7824	27-38	24

- Note que a tensão de entrada precisa ter no mínimo 3 V a mais que a saída para manter a saída estável.
- Corrente de até 1.5 A.
- Proteção térmica;
- Proteção de sobre carga.



# Reguladores lineares

- Deve-se fornecer uma tensão diferencial suficiente de acordo com a corrente de saída desejada.
- $V_{in} - V_{out} = 5V$  (caso ótimo).
- Conforme a tensão diferencial for aumentando, reduz a corrente de saída e aumenta a dissipação de calor.

LM78xx Voltage Regulators

Part Number	Input Voltage Range (V)	Output Voltage (V)
LM7805	7-25	5
LM7806	8-25	6
LM7808	10.5-25	8
LM7809	11.5-25	9
LM7810	12.5-25	10
LM7812	14.5-30	12
LM7815	17.5-30	15
LM7818	21-33	18
LM7824	27-38	24

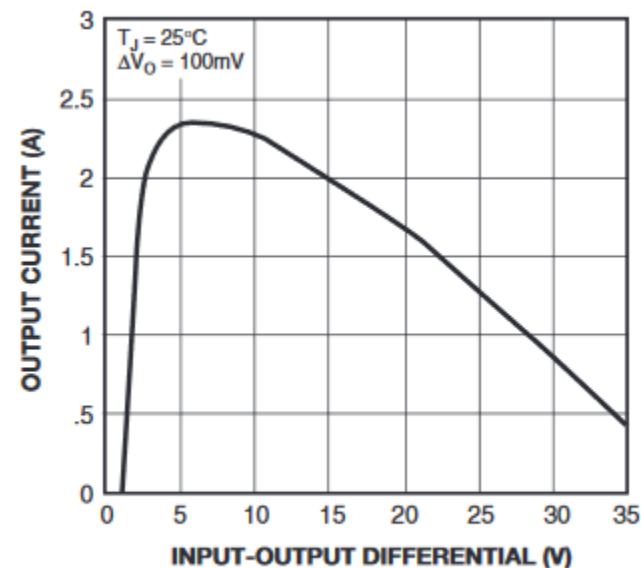
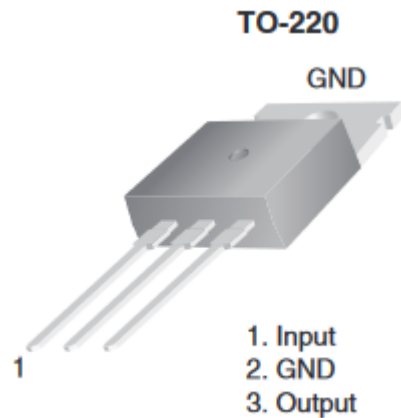
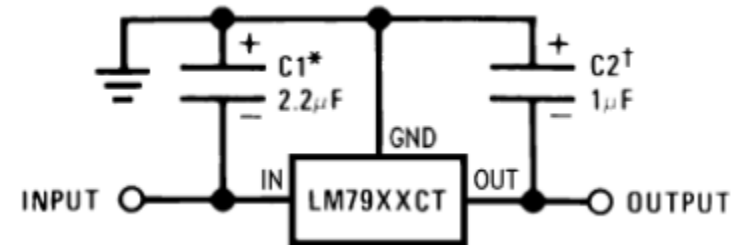
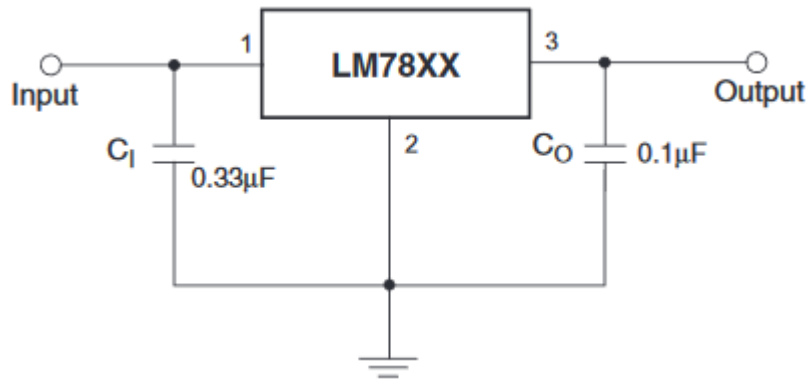


Figure 4. Peak Output Current

# Reguladores lineares

- Série LM78XX e LM79XX – Reguladores fixos – formas de ligação



# Reguladores lineares

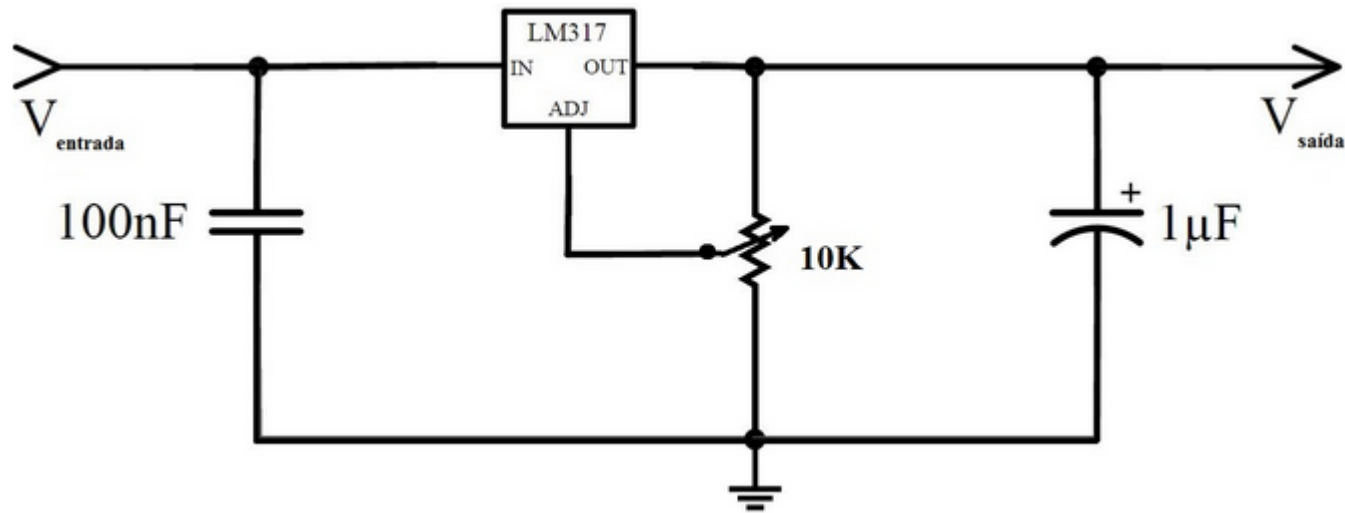
- LM317 – Regulador variável.
- Saída variável entre 1,25 V a 37 V.
- Corrente de saída até 1,5 A – ajustável.
- Proteção térmica.
- Limitador de corrente em caso de sobre carga (ou curto-circuito)





# Reguladores lineares

- Circuito de aplicação mais simples:

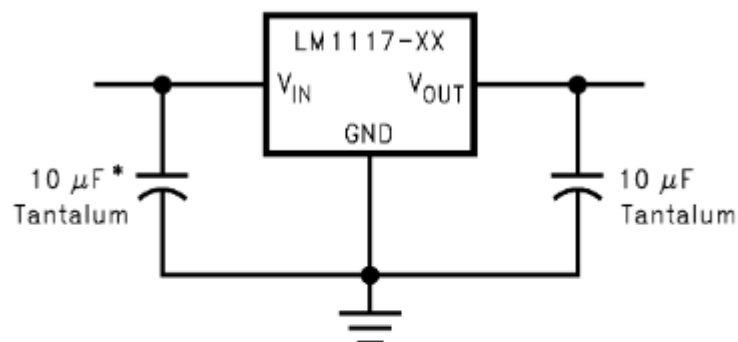


# Reguladores lineares

- Reguladores LDO (Low Dropout)
  - *Os reguladores lineares vistos até aqui, causam uma queda de tensão de pelo menos 2V nos circuitos, gerando desperdício e calor.*
  - *Aplicações que utilizam baterias costumam usar tensões de 3 ~ 3,3 V. Dessa forma, não é viável o uso de um regulador que tenha uma queda de tensão de 2 V.*
- Dessa forma, é aconselhável a utilização de reguladores de tensão que possuam uma baixa queda de tensão na saída (low dropout). Esses dispositivos possuem queda de tensão com valores na faixa de 0,1 V a 0,5 V.
- $V_{in}(\text{incluindo ripple}) > V_{out} + V_{dropout}$

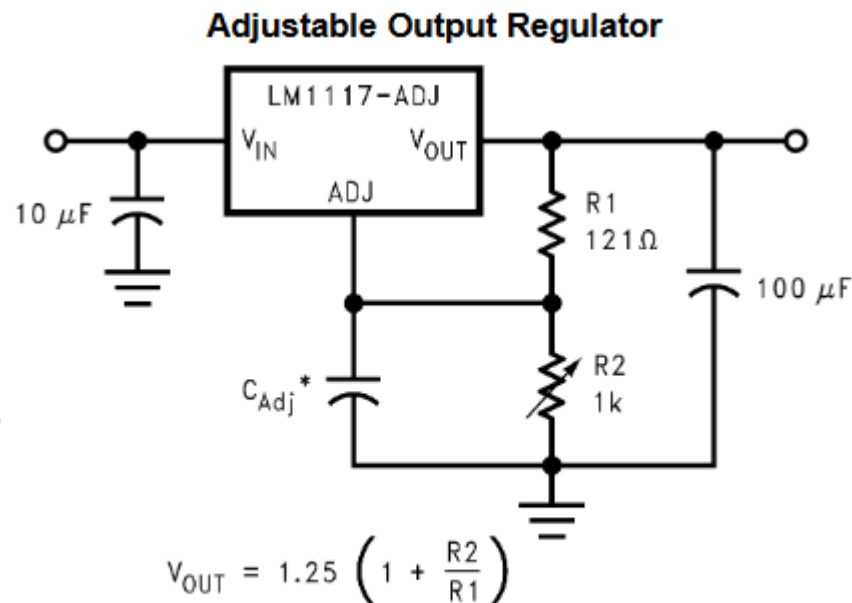
# Reguladores lineares

- Reguladores LDO (Low Dropout)
  - LM1117;
  - Tensões fixas em 1,8 V, 2,5 V, 3,3 V, 5 V e ajustável;
  - 800mA de corrente de saída;
  - Proteção térmica e de sobre carga.
  - Mais caros, mais difíceis de encontrar...



\* Required if the regulator is located far from the power supply filter.

**Figure 16. Fixed Output Regulator**



\* C<sub>Adj</sub> is optional, however it will improve ripple rejection.

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1117.pdf>

# Conversores CC-CC

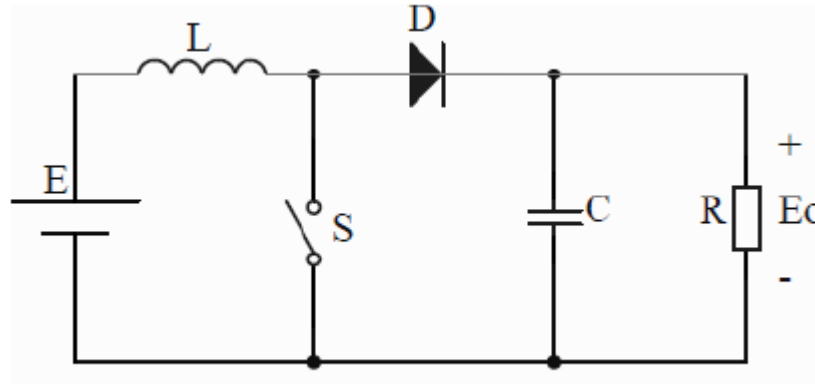
# Conversores CC-CC

- Tipos:
  - Amplificador – Boost.
  - Redutor – Buck.
  - Buck - Boost
- Componentes:
  - Indutores;
  - Transformadores;
  - Capacitores;
  - Diodos;



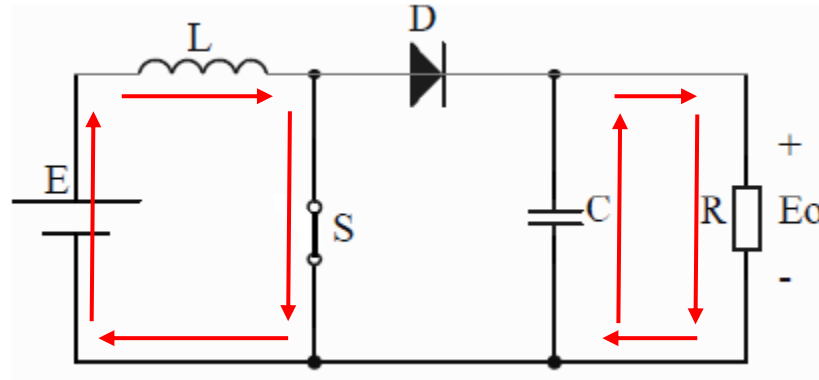
<https://www.filipeflop.com/produto/conversor-boost-dc-step-up/>

- Conversor Boost.
  - Produz um valor médio de tensão na saída maior que o valor médio da tensão de entrada.



- O indutor “ $L$ ” é colocado em série com a fonte de alimentação “ $E$ ”, assim, a fonte de alimentação terá comportamento de fonte de corrente.

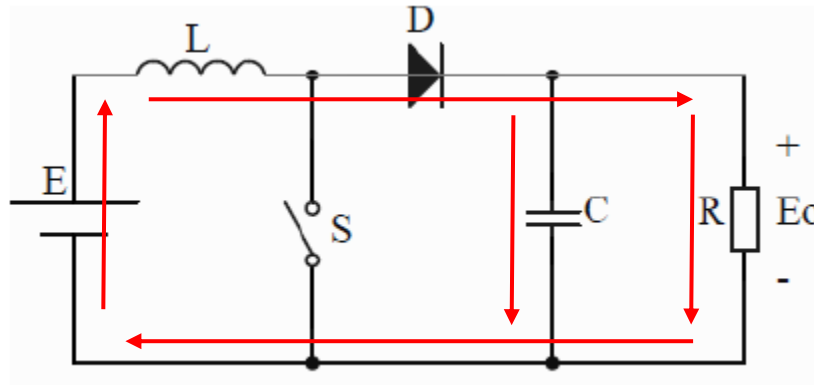
- Conversor Boost.
  - O conversor funciona em duas etapas
    - Chave fechada:



- A corrente no indutor  $L$  cresce, armazenando energia;
- O diodo  $D$  é polarizado reversamente, isolando o estágio de saída da fonte.
- A carga é alimentada pelo capacitor  $C$ .

# Conversores CC-CC

- Conversor Boost.
  - O conversor funciona em duas etapas
    - Chave aberta:

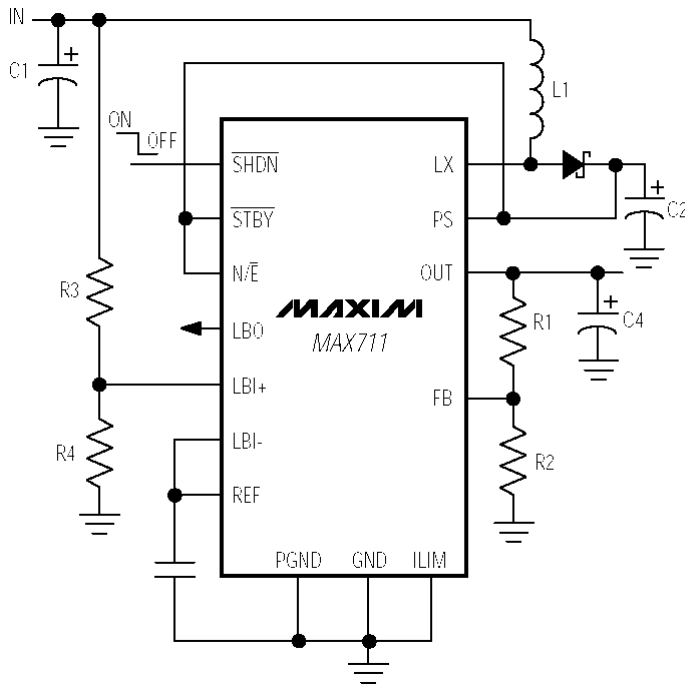


- A energia armazenada no indutor é transferida para a carga através do diodo  $D$ ;
- O diodo entra em condução;
- O capacitor é carregado.



# Conversores CC-CC

- Módulos e circuitos integrados:
  - MAX710, MAX711.



Módulo pronto:

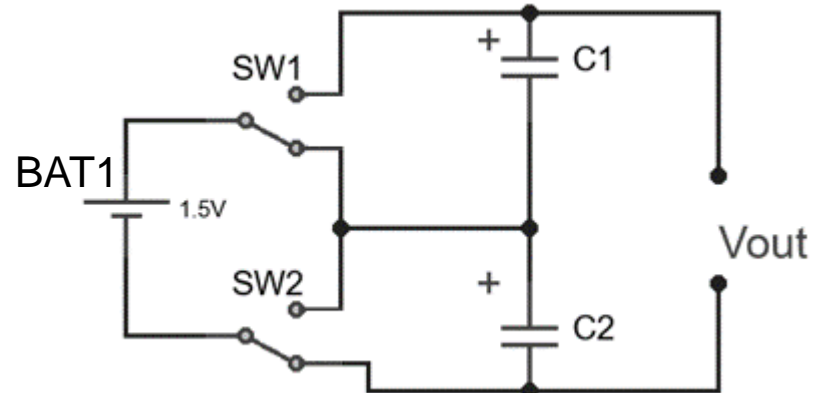
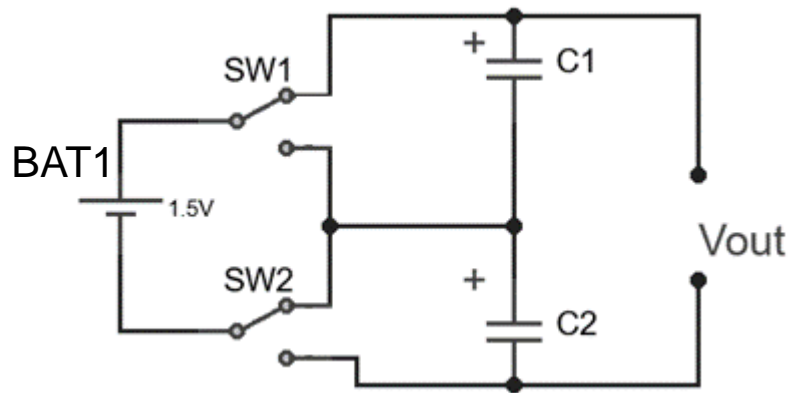


<https://www.filipeflop.com/produto/conversor-boost-dc-step-up/>

- Existem alguns microcontroladores que possuem módulo CC-CC para alimentação própria.

- Possuem alta eficiência: na prática, entre 70% a 98%.
- Desvantagens:
  - Complexos;
  - Geram ruídos (harmônicas);
  - Podem gerar altas correntes de pico quando ligados;
  - Utilização de indutor.

# Charge Pump



- No primeiro ciclo, irá carregar o C1. No segundo ciclo, irá recarregar o C2, e ao mesmo tempo a fonte de entrada BAT1 ( $V_{in}$ ) ficará em série com C1 (carregado), resultando em  $V_{out} = 2 \times V_{in}$ .
- Nesse caso, a tensão de saída ficara dobrada, no entanto, utilizando esse mesmo princípio a tensão pode ser multiplicada várias vezes.

Vídeo com experimento:

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_6\\_JKemTKzo](https://www.youtube.com/watch?v=_6_JKemTKzo)

# Charge Pump

- ICs charge pump: TPS60100, MAX828...

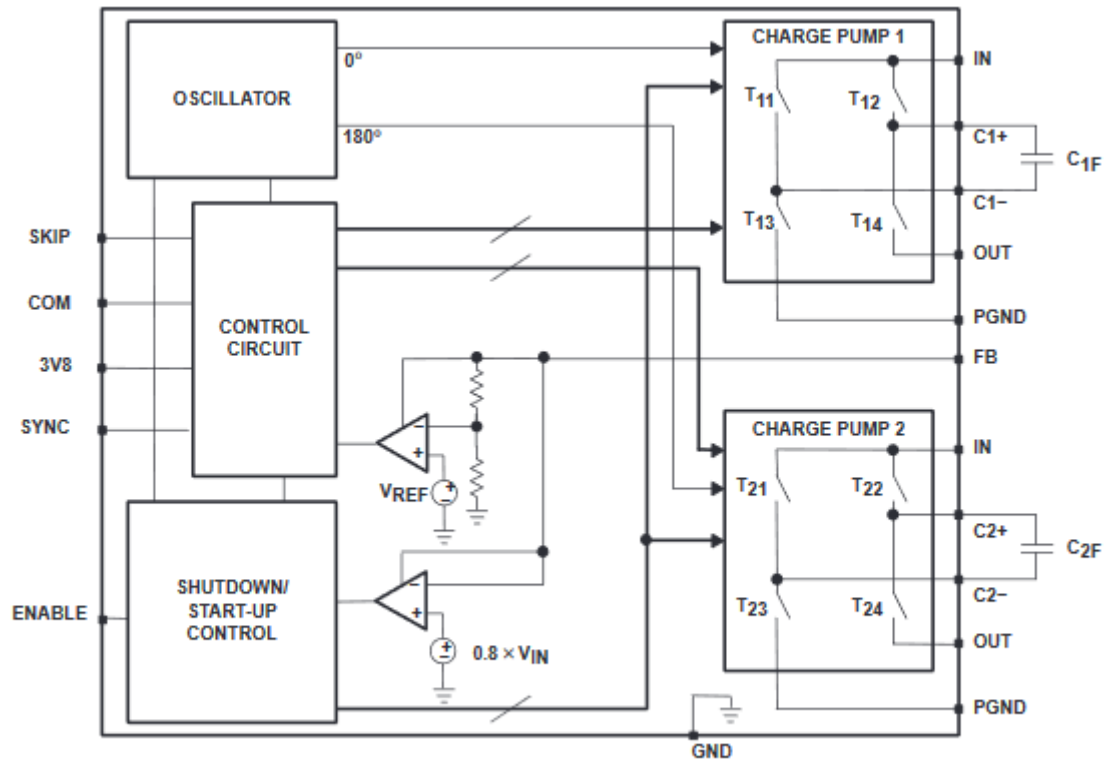
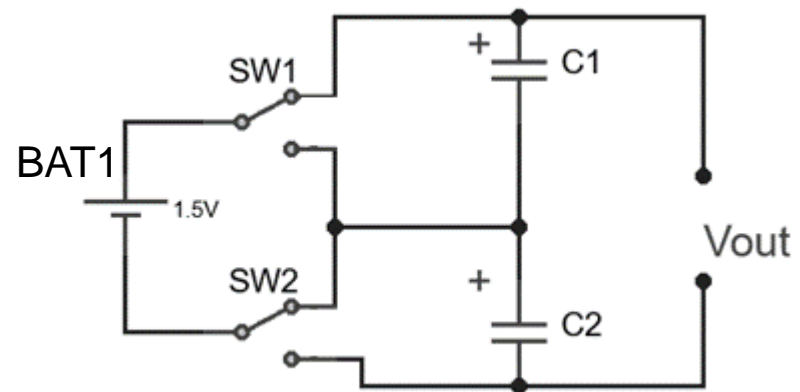


Figure 29. Functional Block Diagram TPS60100

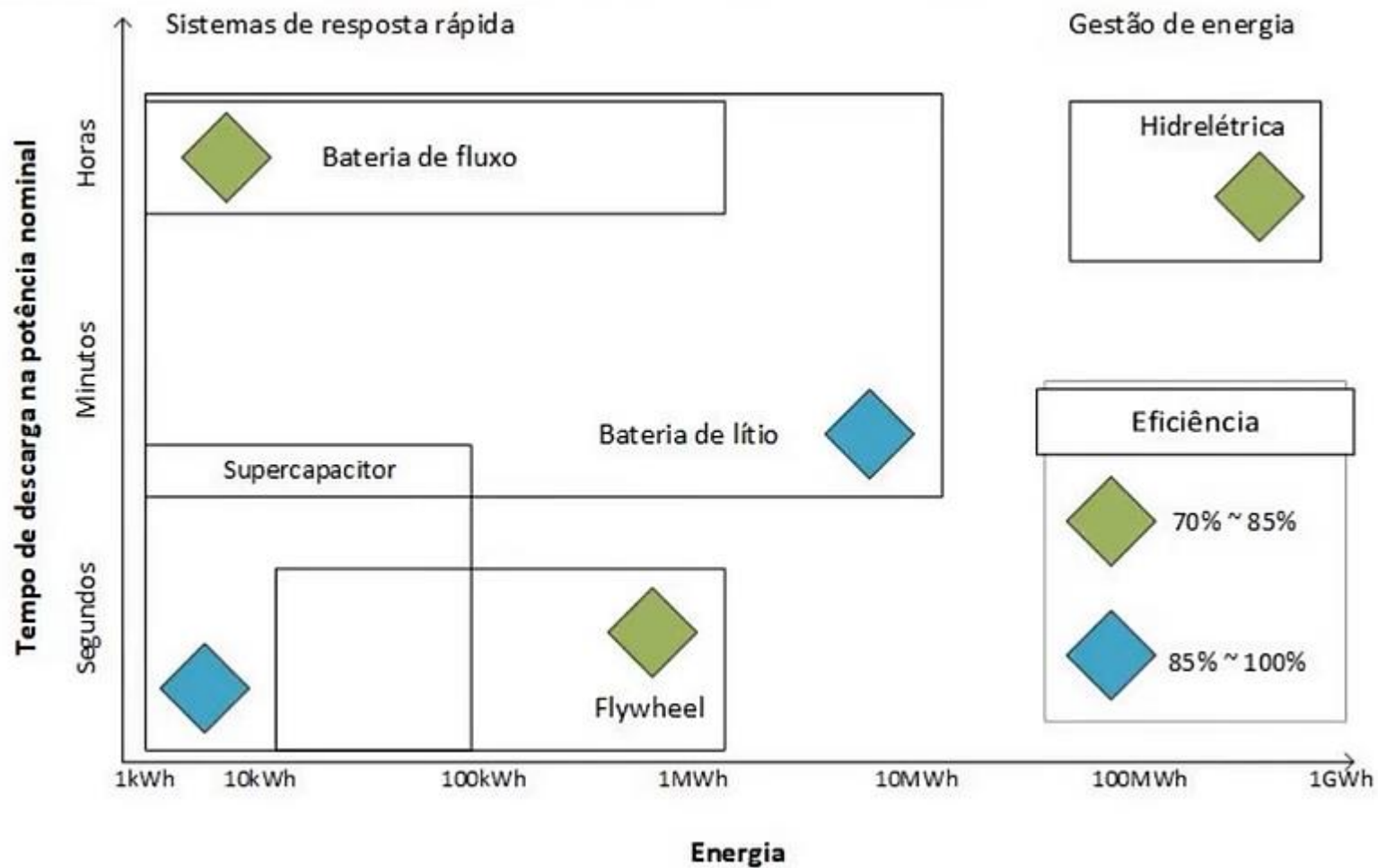
# Charge Pump

- Vantagens:
  - Simples;
  - Alta eficiência;
- Desvantagens:
  - Baixa corrente (limitada pelos capacitores);
  - Ripple;
  - Ruídos (chaveamento);



- Características:
  - Tipo;
  - Capacidade;
  - Tensão varia durante o descarregamento;
  - Circuitos de carregamento;
  - Proteção.

# Baterias



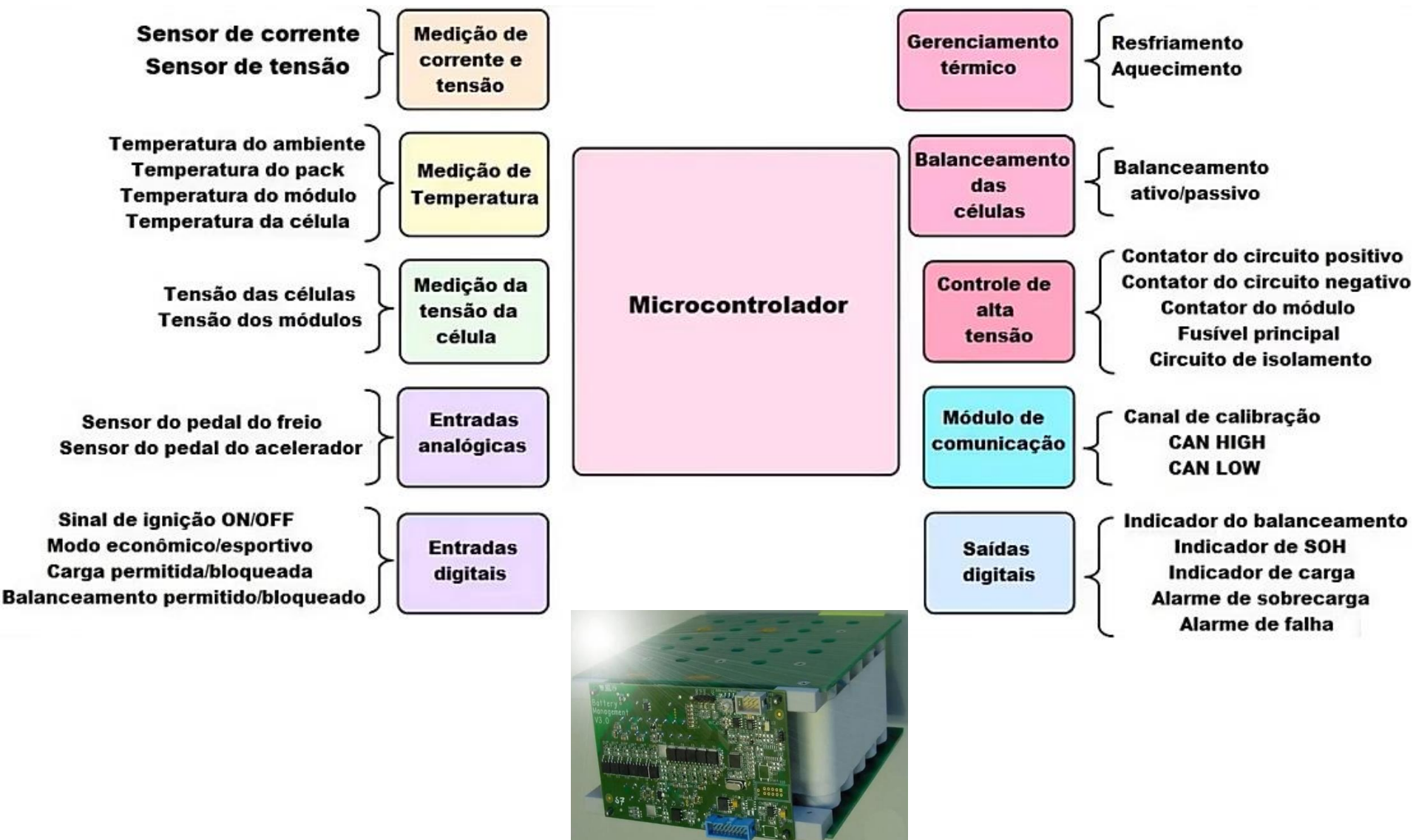
Fonte: <https://embarcados.com.br/webinar-sistema-de-gerenciamento-de-baterias-bms/>

- Li-ion – íon de lítio
  - Tecnologia mais recente;
  - Densidade de energia elevada;
  - Auto descarga relativamente baixa – menos da metade das NiCd e NiMh.
  - Requer circuito de proteção, caso a bateria seja sobrecarregada, a alta temperatura pode causar dano físico.
  - Eletrólito altamente inflamável, a ruptura da bateria causará chama.
  - Fabricação cara.
  - Necessidade de BMS – Sistema de gerenciamento de bateria.
  - Uso: Celulares, VANTs,...



# Baterias

## BMS – Sistema de gerenciamento de bateria

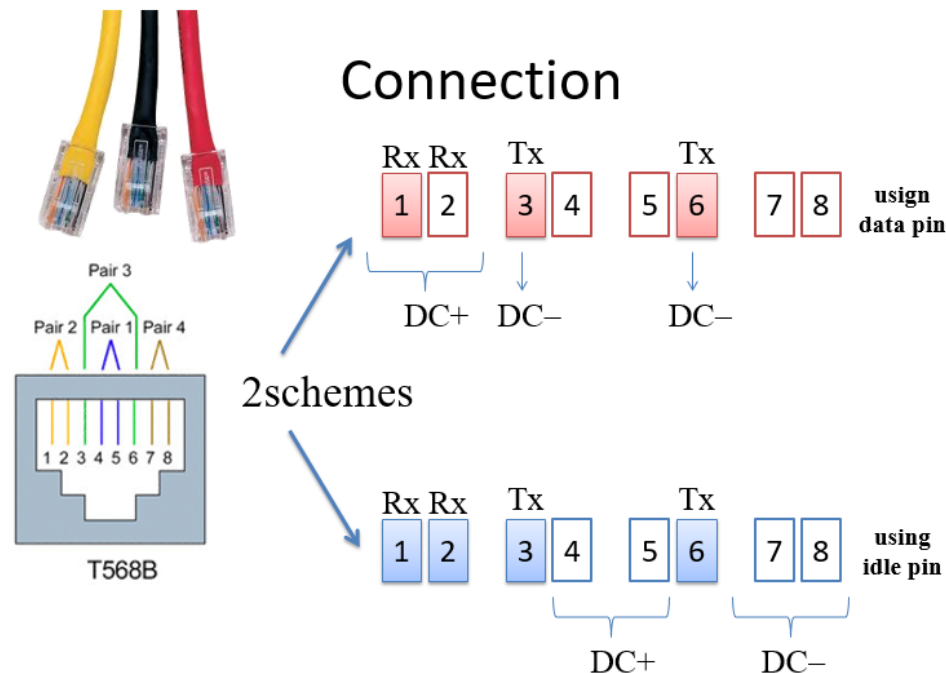


- NiCd – Níquel Cádmio
  - Tecnologia madura – desenvolvida a bastante tempo.
  - Baixa densidade de energia;
  - Componentes tóxicos;
  - Vida longa (efeito memória), alta corrente e preço baixo.
    - Uso: Telefones sem fio, ferramentas elétricas,...
- NiMh – Níquel Hidreto Metálico
  - Alta densidade se comparada com as baterias de NiCd.
  - Ciclo de vida menor (porém com menos efeito memória).
  - Componentes agredem menos o meio ambiente.
    - Uso: Câmeras digitais, notebooks,...

- Chumbo-Ácido
  - Econômica;
  - Grande e pesada;
  - Utilizada onde o peso e tamanho podem ser desprezados;
  - Componente tóxico;
  - Uso: Luz de emergência, no-breaks, equipamentos hospitalares, veículos,...

# Power over Ethernet (PoE)

- Utilizado para alimentar equipamentos conectados a rede Ethernet;
- IEEE 802.3af e 802.3at;
- Tensão entre 44 ~ 57 V, tipicamente 48V.
- Corrente de até 550mA.
- Podem fornecer até 30 W por porta (PoE+) ou até 15,4 W por porta (PoE).



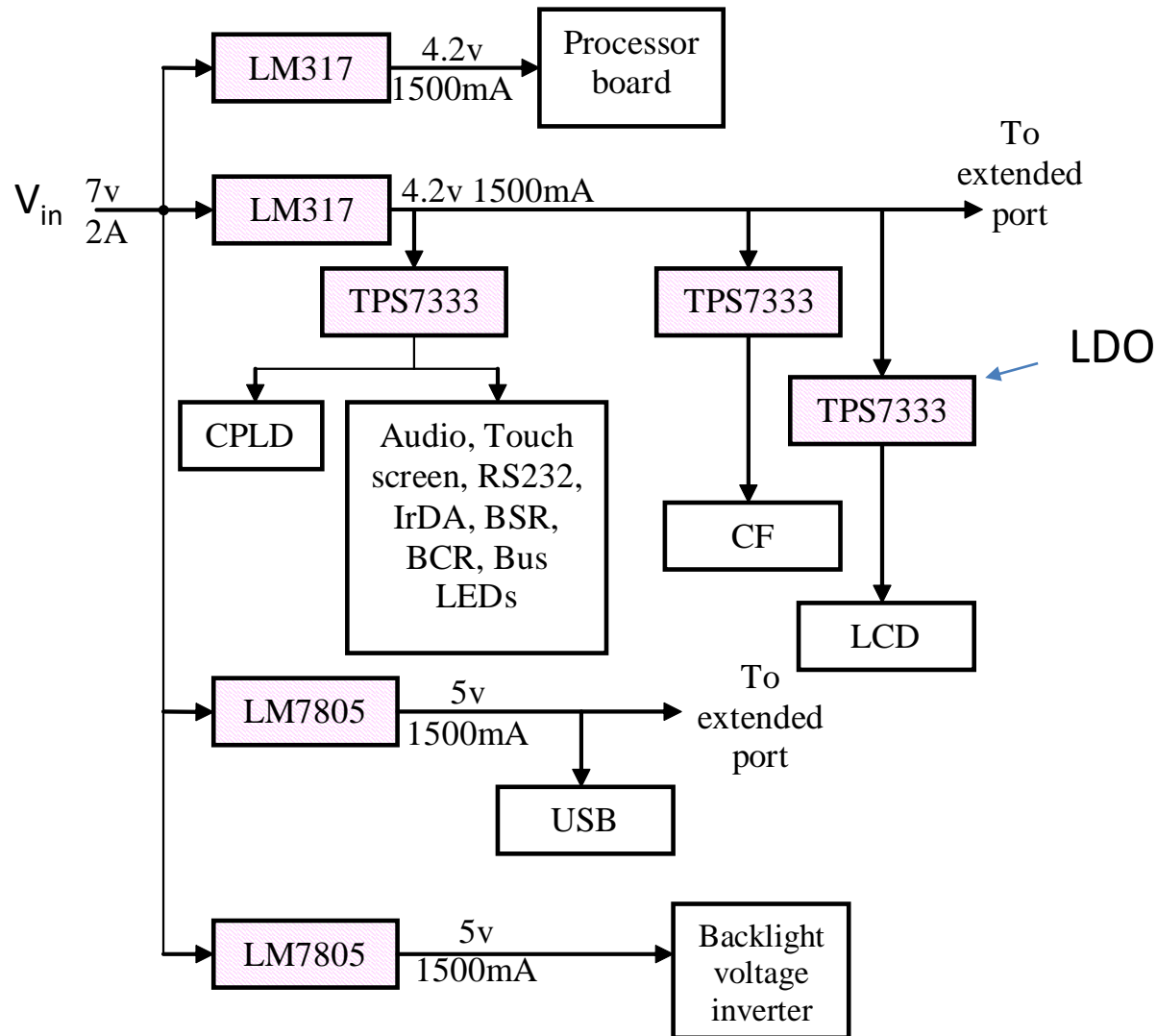
# Consumo de potência

- Passos:
  - Coletar dados de tensão e corrente;
  - Desenhar a árvore de consumo;
  - Verificar consumo e eficiência de cada setor (de acordo com a tensão);
  - Verificar a corrente de cada setor (para projetar a PCB corretamente);
  - Ajustar a estrutura da árvore de consumo.

# Consumo de potência

Module	Voltage	Current	Note
CPU	1.8V	80mA	Tensão do núcleo. Pode ser desligado no modo sleep.
	3.3V	100mA	Tensão IO, utilizado para o sub-sistemas das memórias. Tensão deve ser <u>estável</u> .
Audio	3.3V	10mA	CODEC, Tensão para o sub-Sistema analógico. Pode ser desligado. Tensão deve ter <u>baixo ruído</u> .
	3.3V	10mA	CODEC, Tensão para o sub-Sistema digital. Pode ser desligado.
	5V	20mA	Amplificador de potência. Pode ser desligado. Tensão deve ter <u>baixo ruído</u> .

# Consumo de potência



# Interface entre sinais digitais

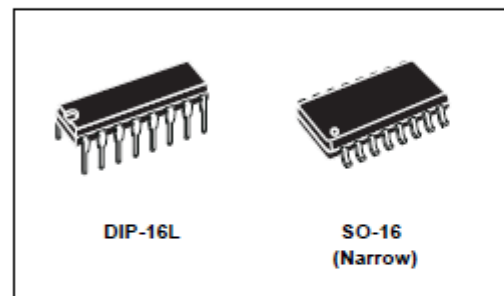
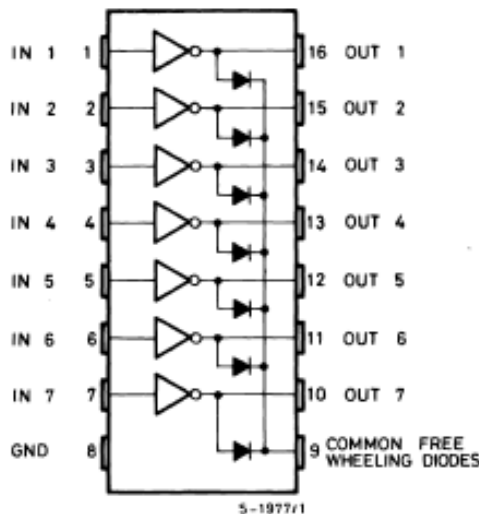
- O que fazer quando é necessário ativar um atuador que consome uma corrente maior que a saída do CI?
- Uso de circuitos com transistores/buffer.
- Uso de circuitos integrados específicos de buffer.



**ULN2001, ULN2002  
ULN2003, ULN2004**

Seven Darlington arrays

Datasheet - production data



## Features

- Seven Darlington pairs per package
- Output current 500 mA per driver (600 mA peak)
- Output voltage 50 V
- Integrated suppression diodes for inductive loads
- Outputs can be paralleled for higher current
- TTL/CMOS/PMOS/DTL compatible inputs
- Input pins placed opposite to output pins to simplify layout

## Description

The ULN2001, ULN2002, ULN2003 and ULN2004 are high-voltage, high-current Darlington arrays each containing seven open collector Darlington pairs with common emitters. Each channel is rated at 500 mA and can withstand peak currents of 600 mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The versions interface to all common logic families: ULN2001 (general purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS); ULN2002 (14 - 25 V PMOS); ULN2003 (5 V TTL, CMOS); ULN2004 (6 - 15 V CMOS, PMOS).

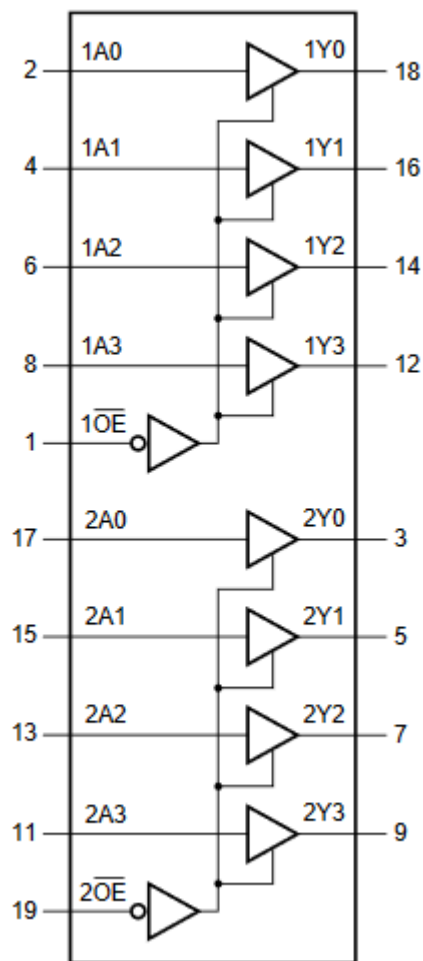
These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relay DC motors, LED display filament lamps, thermal printheads and high-power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in a 16-pin DIP package with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D1/2002D1/2003D1/ 2004D1.



# Interface entre sinais digitais

- E quando a tensão é diferente? Ex. 3,3V e 5V



## 74HC244; 74HCT244

Octal buffer/line driver; 3-state

Rev. 4 — 24 September 2012

Product data sheet

### 1. General description

The 74HC244; 74HCT244 is an 8-bit buffer/line driver with 3-state outputs. The device can be used as two 4-bit buffers or one 8-bit buffer. The device features two output enables ( $1\overline{OE}$  and  $2\overline{OE}$ ), each controlling four of the 3-state outputs. A HIGH on  $n\overline{OE}$  causes the outputs to assume a high-impedance OFF-state. Inputs include clamp diodes that enable the use of current limiting resistors to interface inputs to voltages in excess of  $V_{CC}$ .

### 2. Features and benefits

- Input levels:
  - ◆ For 74HC244: CMOS level
  - ◆ For 74HCT244: TTL level

**Table 4. Limiting values**

*In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Voltages are referenced to GND (ground = 0 V).*

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
$V_{CC}$	supply voltage		-0.5	+7	V
$I_{IK}$	input clamping current	$V_I < -0.5\text{ V}$ or $V_I > V_{CC} + 0.5\text{ V}$	-	$\pm 20$	mA
$I_{OK}$	output clamping current	$V_O < -0.5\text{ V}$ or $V_O > V_{CC} + 0.5\text{ V}$	-	$\pm 20$	mA
$I_O$	output current	$-0.5\text{ V} < V_O < V_{CC} + 0.5\text{ V}$	-	$\pm 35$	mA
$I_{CC}$	supply current		-	70	mA

# Referências

- <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/amauriassef/disciplinas/electronica-de-potencia>
- <http://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-recarregaveis-em-geral/tipos-de-baterias>
- <http://acessopercon.com.br/percon/fontes-de-alimentacao-abc-parte-i/>