

LOM3221 – LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA

AULA 10

Prof. Dr. Emerson G. Melo

- ❑ Projeto de Fonte Chaveada Isolada;
- ❑ Experimento.

Projeto de Fonte Chaveada Isolada

❑ Objetivo: Dimensionar o circuito de uma fonte chaveada isolada para atender aos seguintes requisitos:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz

Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp

Saída: 12 V/1A

Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp

Regulação Estática: 5%

Eficiência: $\geq 85\%$

Projeto de Fonte Chaveada Isolada

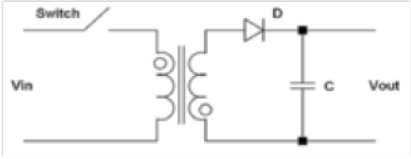
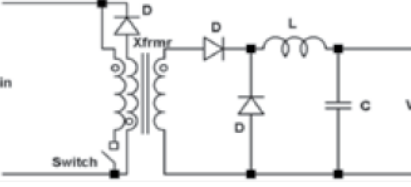
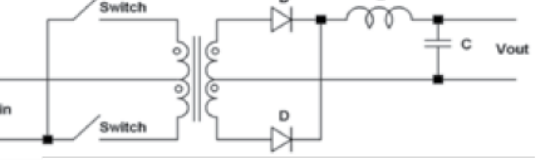
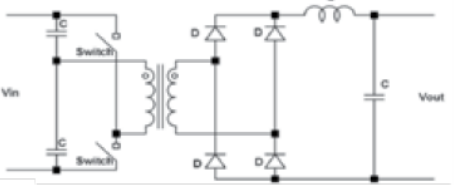
1 – Seleção do CI de Controle: Topologia

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

Fonte Isolada

Baixo Custo
 Baixa Complexidade

Topologia Flyback

Topology	Schematic	Power (Watts)	Typical Efficiency	Relative Cost	Magnetics Required	Maximum Practical Duty Cycle	Universal Input (90-264) V _{AC}	Multiple Outputs	V _{out} < V _{in} Range	V _{out} > V _{in} Range
Isolated Topologies	DCM Flyback 	150	75	1.5	Transformer	0.9	Yes	Yes	Yes	Yes
	Forward 	150	75	1.8	Transformer and Inductor	0.45	Yes	Yes	Yes	Yes
	Push-Pull 	500	80	1.8	Transformer and Inductor	0.45	No	Yes	Yes	Yes
	Half-Bridge 	500	85	2	Transformer and Inductor	0.45	Yes	Yes	Yes	Yes

1 – Seleção do CI de Controle:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



LT3798

Isolated No Opto-Coupler
Flyback Controller
with Active PFC

FEATURES

- Isolated PFC Flyback with Minimum Number of External Components
- V_{IN} and V_{OUT} Limited Only by External Components
- Active Power Factor Correction
- Low Harmonic Distortion
- No Opto-Coupler Required
- Constant-Current and Constant-Voltage Regulation
- Accurate Regulated Voltage and Current ($\pm 5\%$ Typical)
- Energy Star Compliant ($< 0.5W$ No Load Operation)
- Thermally Enhanced 16-lead MSOP Package

APPLICATIONS

- Offline 5W to 100W+ Applications
- High DC V_{IN} Isolated Applications
- Offline Bus Converter (12V, 24V or 48V Outputs)

DESCRIPTION

The LT[®]3798 is a constant-voltage/constant-current isolated flyback controller that combines active power factor correction (PFC) with no opto-coupler required for output voltage feedback into a single-stage converter. A LT3798 based design can achieve a power factor of greater than 0.97 by actively modulating the input current, allowing compliance with most Harmonic Current Emission requirements.

The LT3798 is well suited for a wide variety of off-line applications. The input range can be scaled up or down, depending mainly on the choice of external components. Efficiencies higher than 86% can be achieved with output power levels up to 100W. In addition, the LT3798 can easily be designed into high DC input applications.

LT, LT, LTC, LTM, Linear Technology and the Linear logo are registered trademarks of Linear Technology Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Protected by U.S. Patents, including 5438499 and 7471522.

Fonte Isolada

Baixo Custo

Baixa Complexidade

Topologia Flyback

LT3798

Correção do FP

Baixa THD

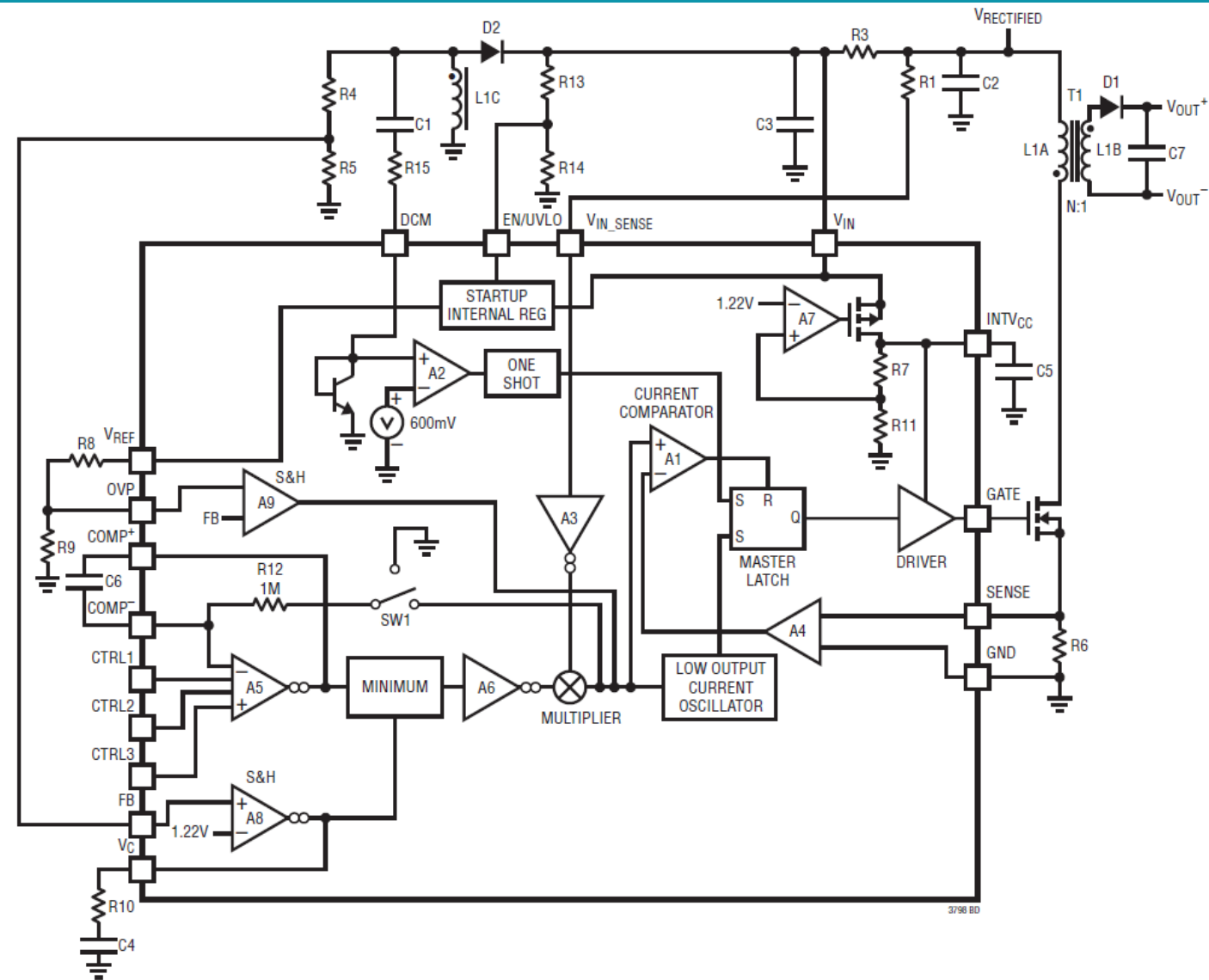
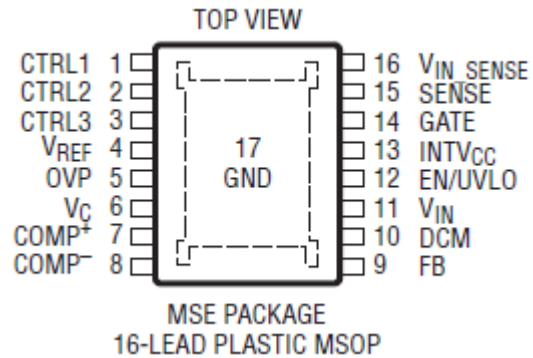
Baixo consumo em Standby

Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$

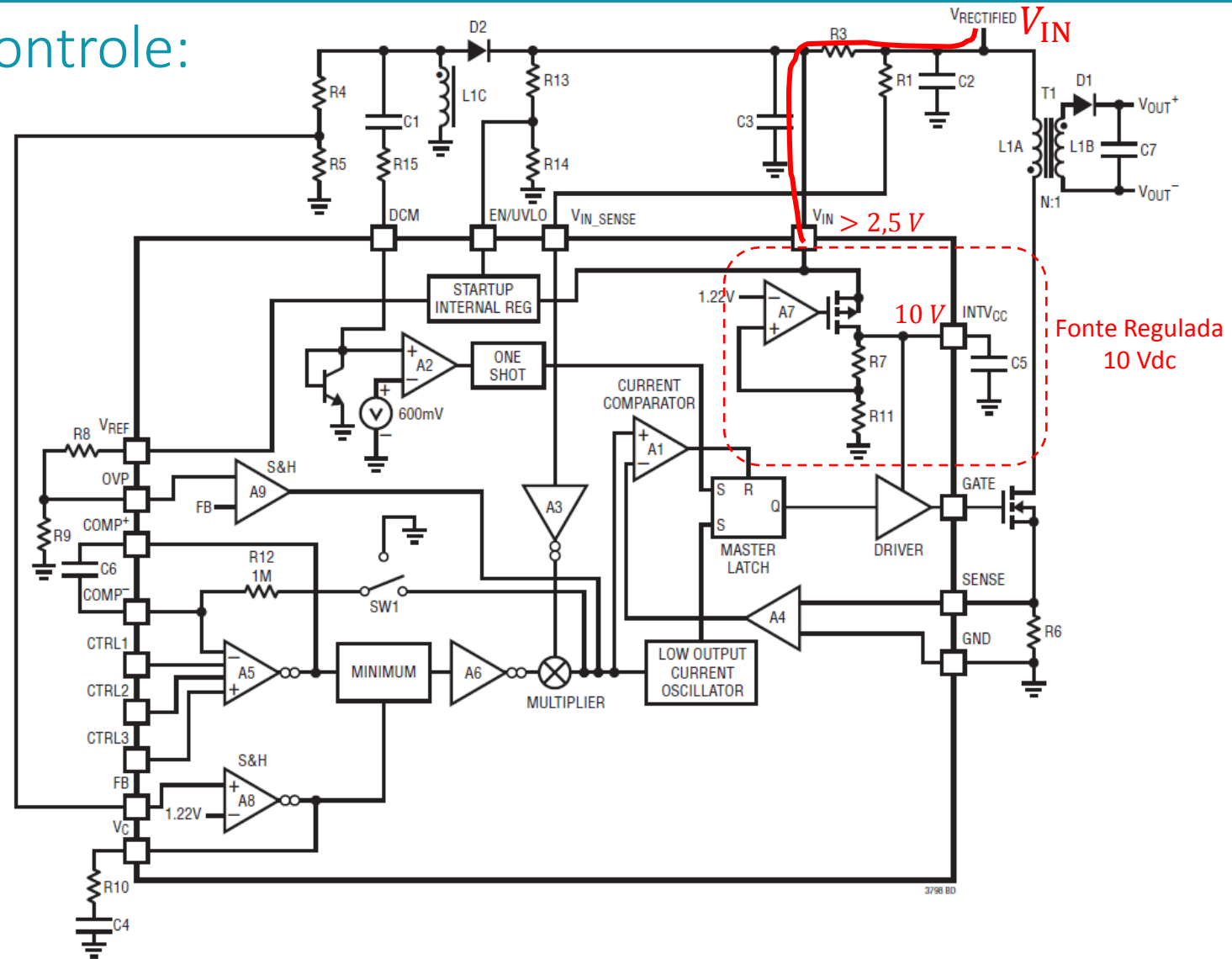
LT3798



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

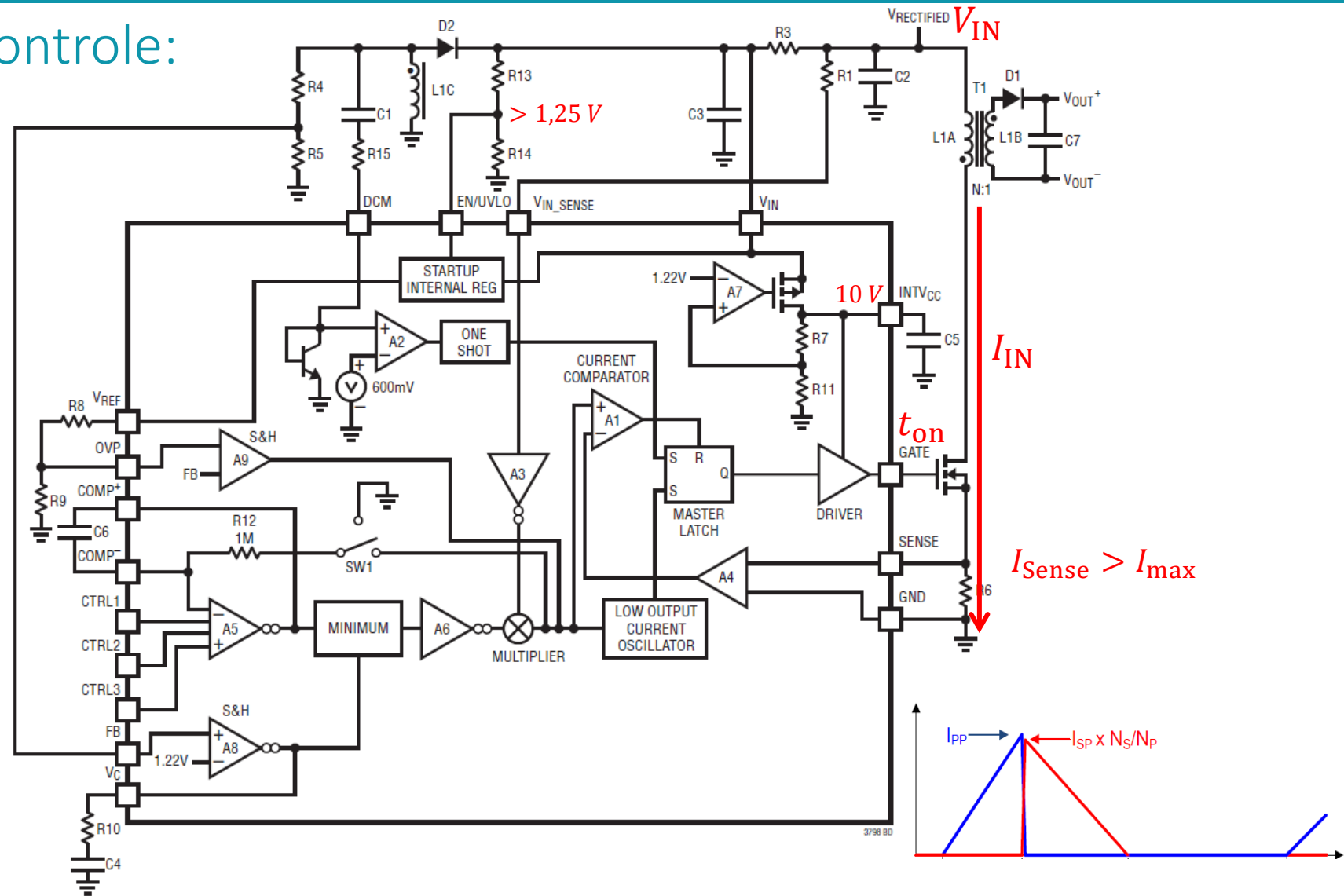
Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

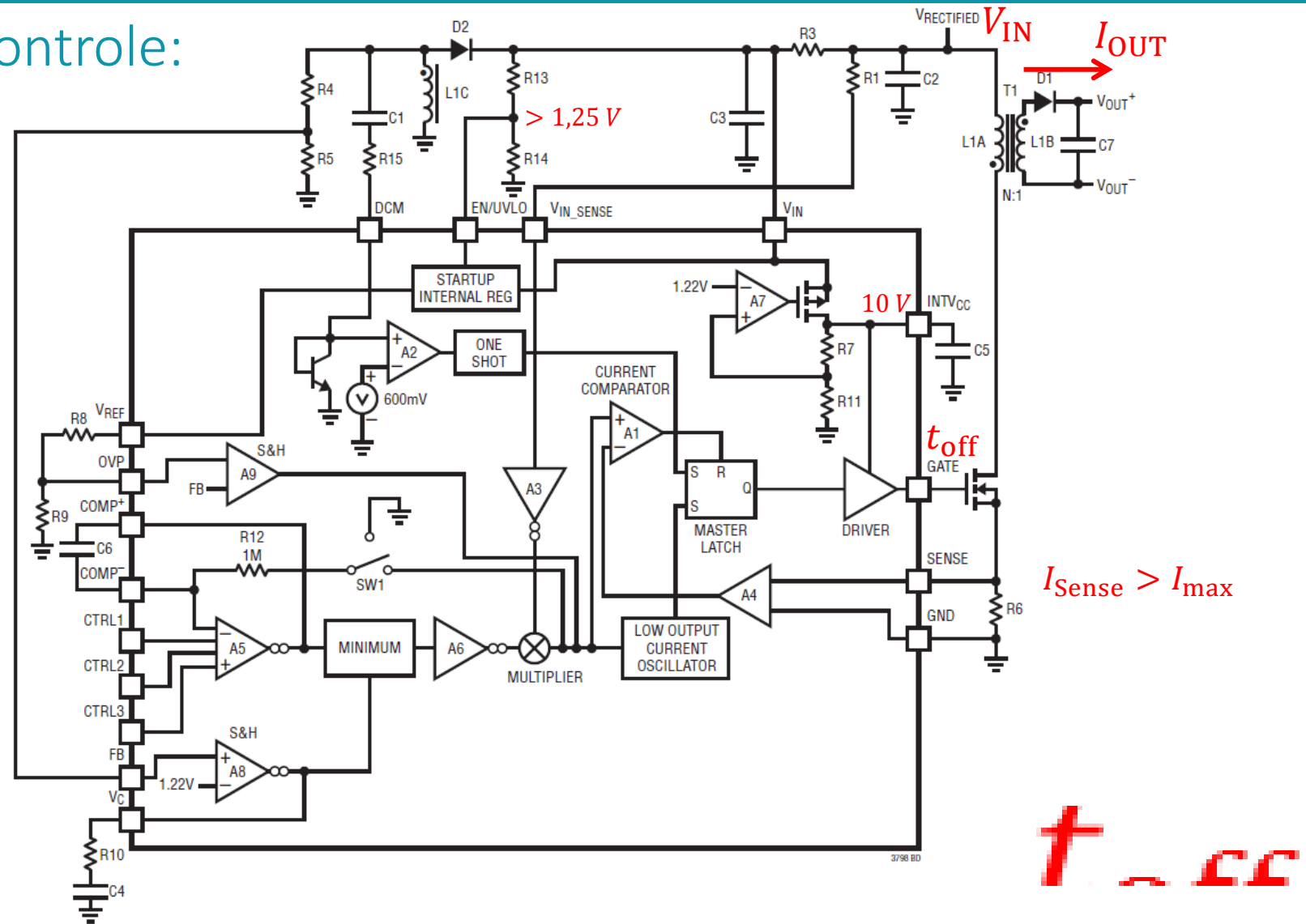
Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

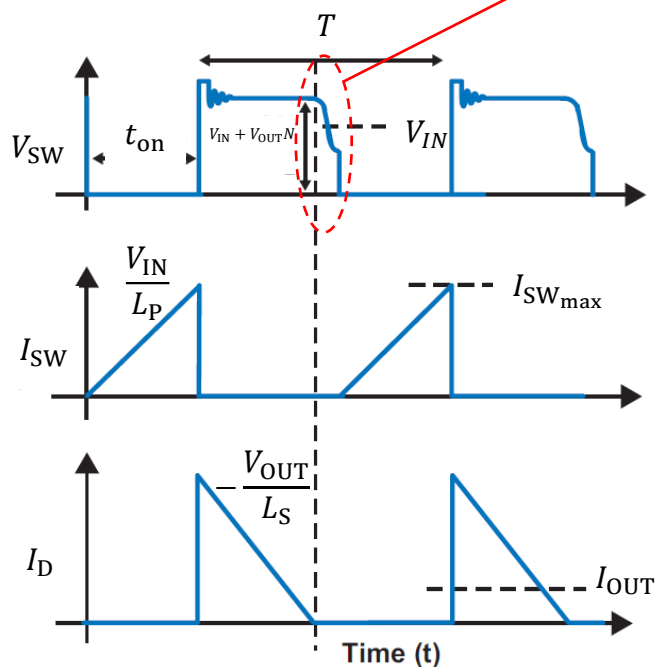
Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



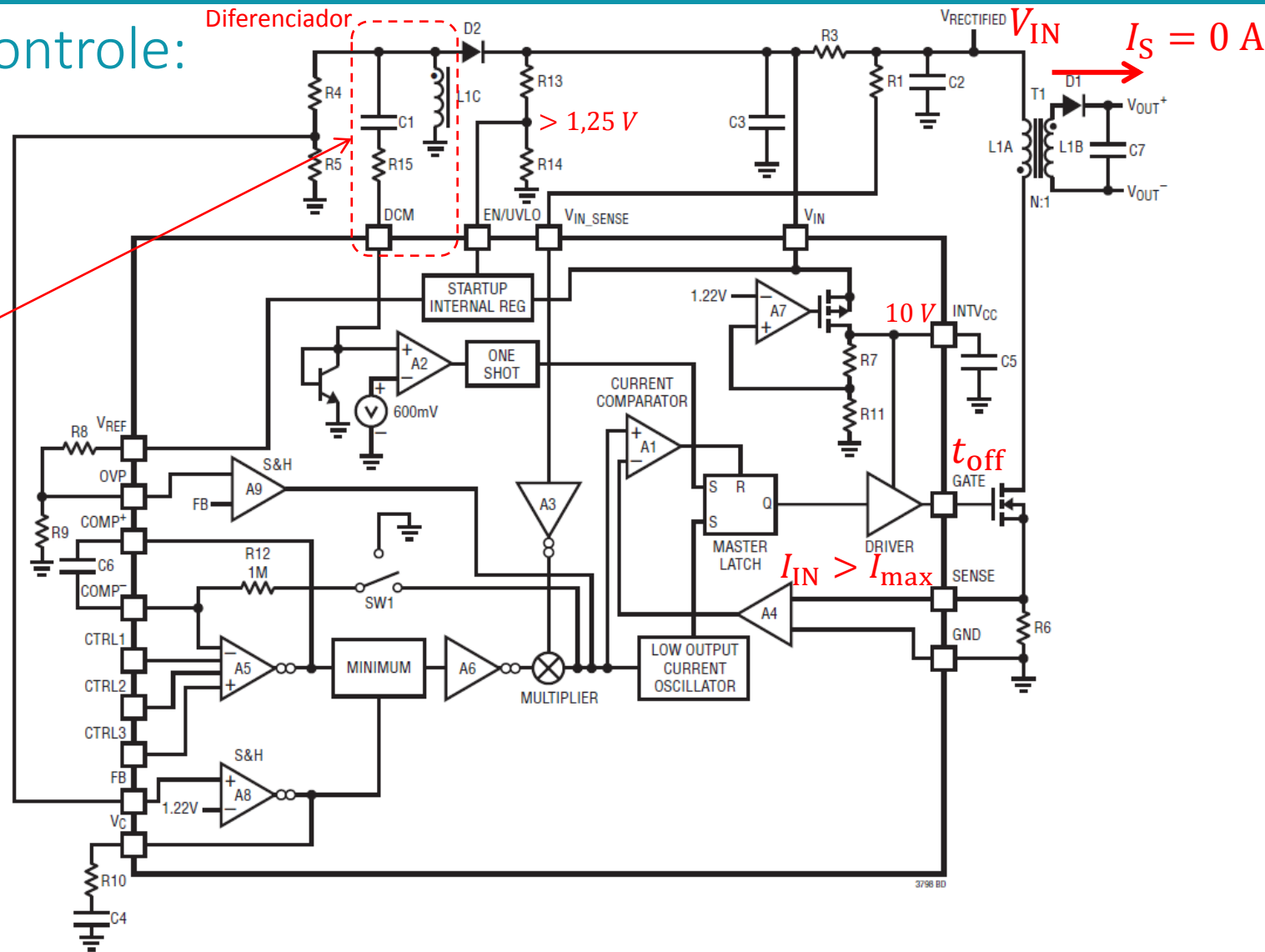
Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$



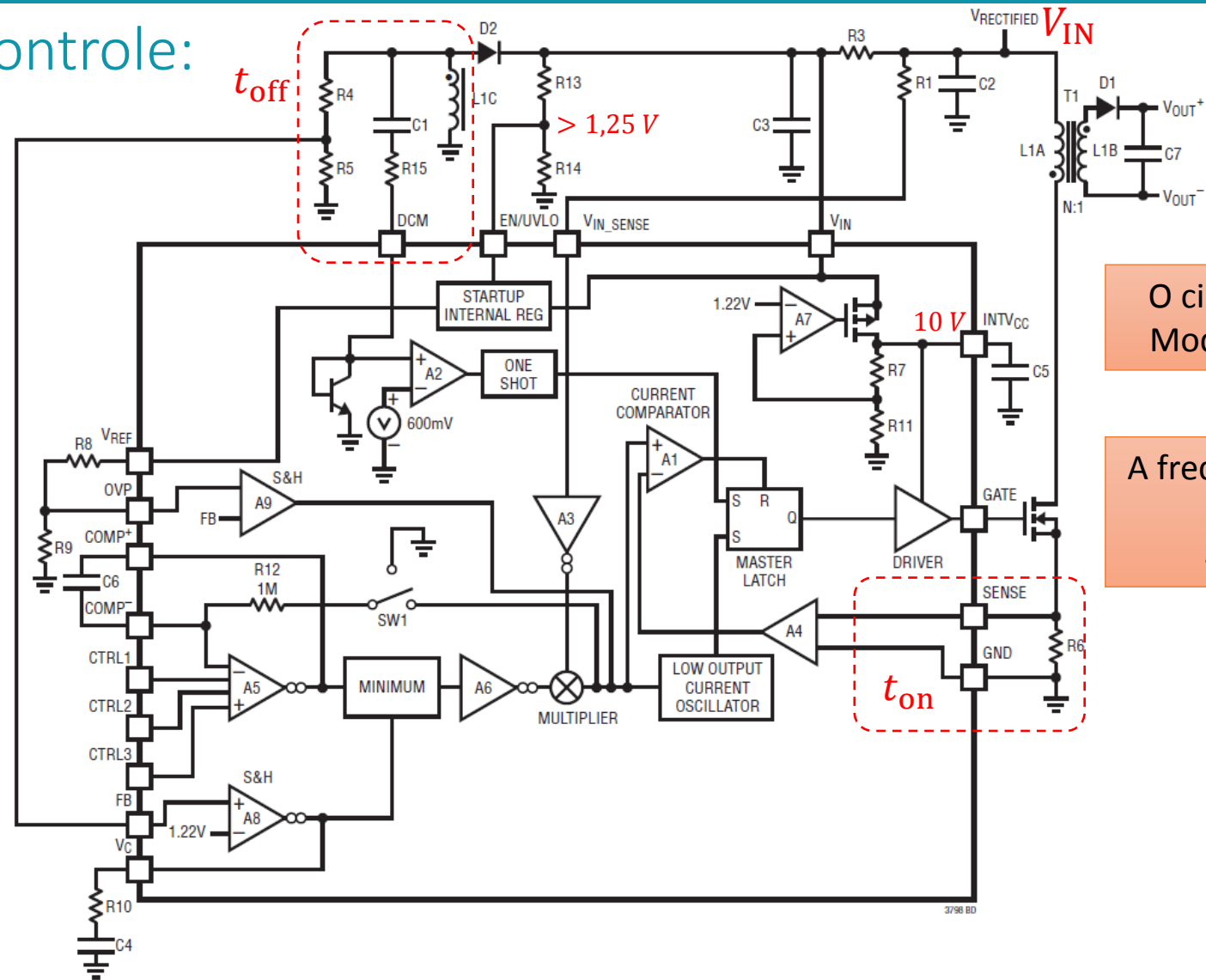
$\frac{dv}{dt} \uparrow$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



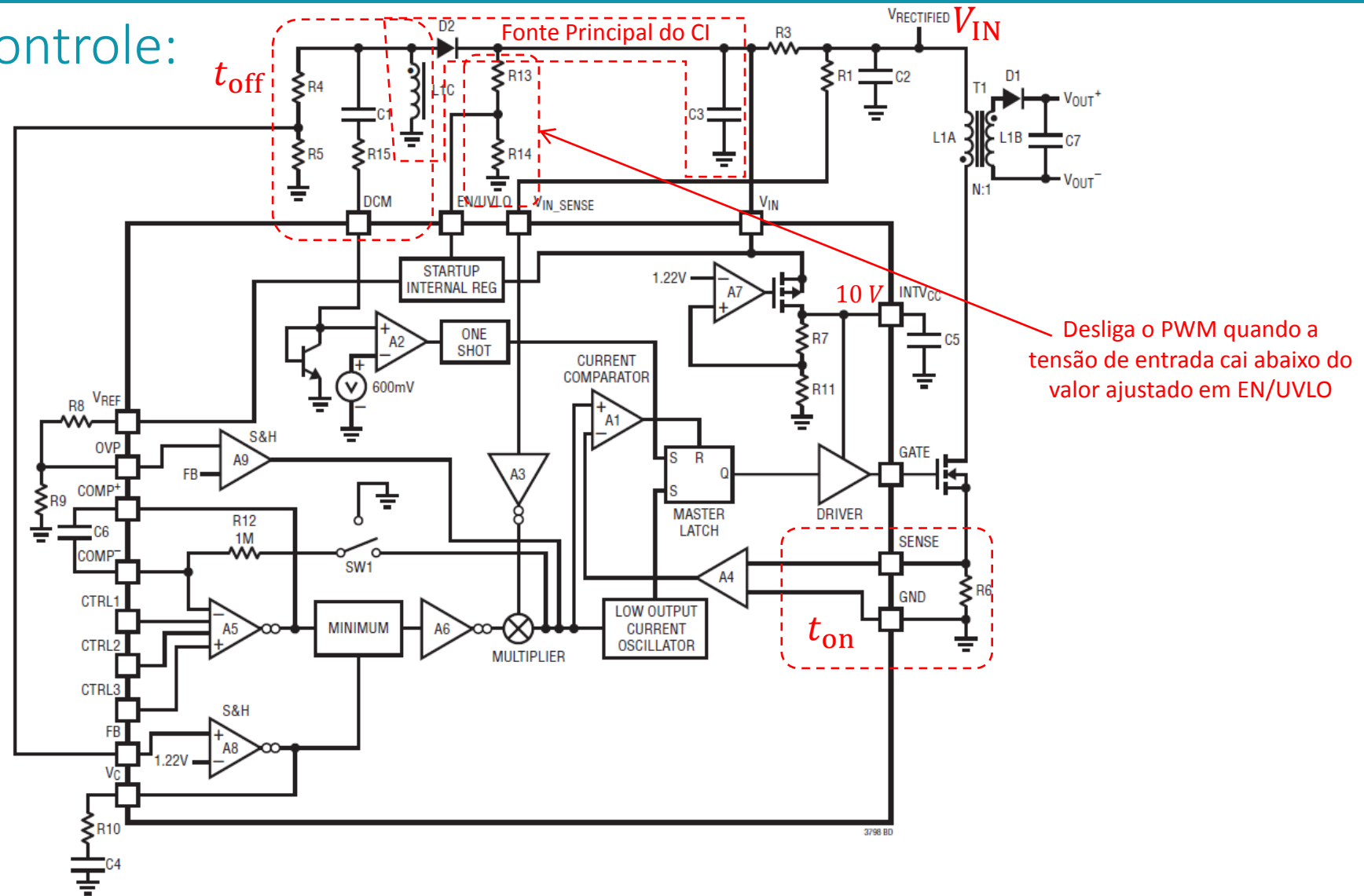
O circuito opera no
Modo de Transição

A frequência do PWM
é variável:
4 – 150 kHz

Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

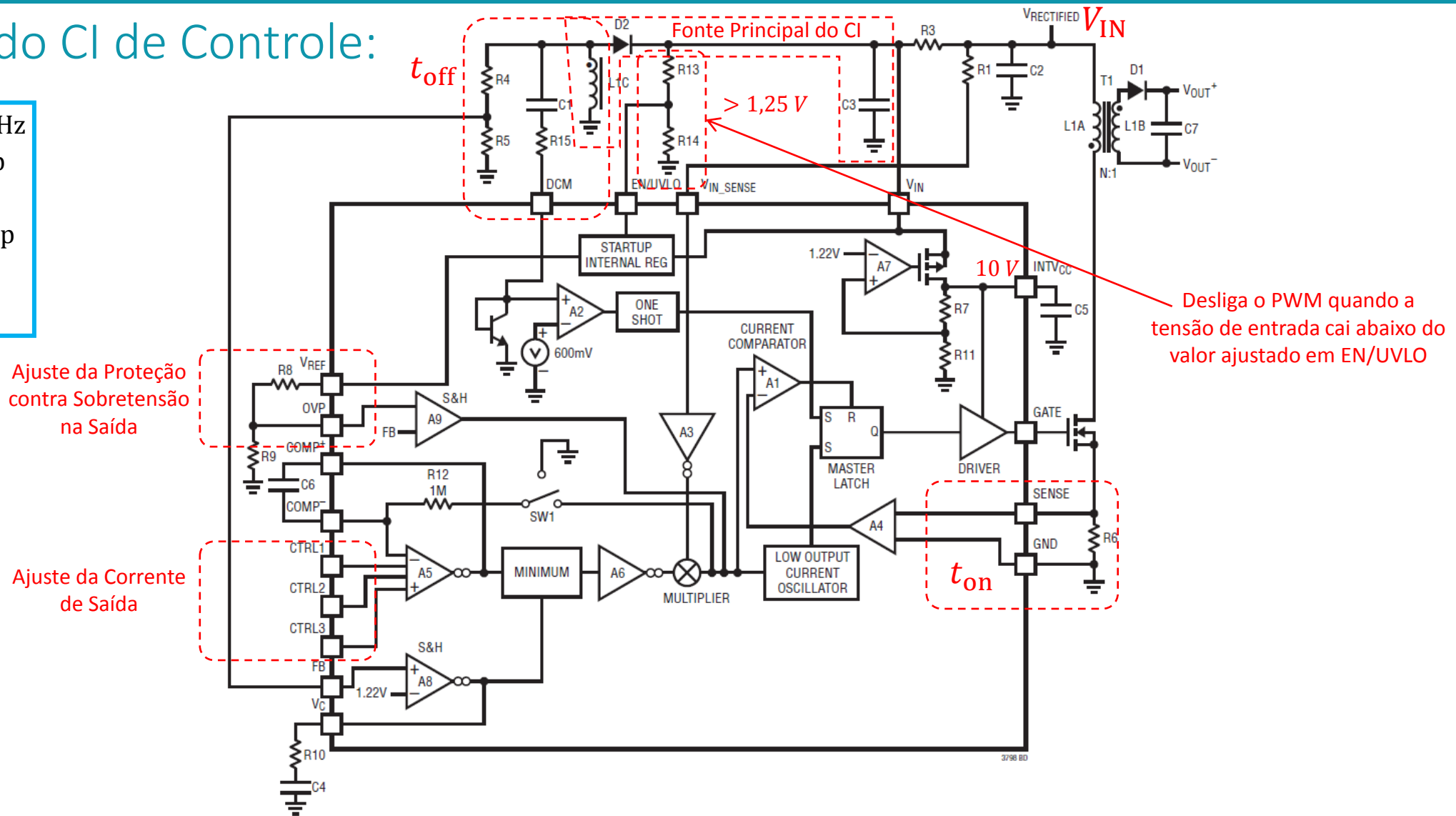
Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

1 – Seleção do CI de Controle:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



2 – Cálculo das correntes de entrada/saída:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$

Parâmetros de Saída:

$$V_{OUT} = 12 \text{ V}$$

$$I_{OUT} = 1 \text{ A}$$

$$P_{OUT} = V_{OUT} I_{OUT} = 12 \times 1 = 12 \text{ W}$$

Estimativa Inicial do Consumo do CI:

$$V_{CI} = 12 \text{ V}$$

$$I_{CI_{max}} = 8 \text{ mA}$$

$$P_{CI_{max}} = V_{CI} I_{CI_{max}} = 12 \times 0,008 = 96 \text{ mW}$$

Essa tensão permite que o enrolamento auxiliar tenha o mesmo número de espiras que o enrolamento secundário do transformador.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS The ● denotes the specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at $T_A = 25^\circ\text{C}$. $V_{IN} = 18\text{V}$, $INTV_{CC} = 11\text{V}$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range		10		38	V
V_{IN} Quiescent Current	$V_{EN/UVLO} = 0.2\text{V}$ $V_{EN/UVLO} = 1.5\text{V}$, Not Switching	45	60 70	70	μA μA
V_{IN} Quiescent Current, $INTV_{CC}$ Overdriven	$V_{INTV_{CC}} = 11\text{V}$		60		μA
V_{IN} Shunt Regulator Voltage	$I = 1\text{mA}$		40		V
V_{IN} Shunt Regulator Current Limit			8		mA
$INTV_{CC}$ Quiescent Current	$V_{EN/UVLO} = 0.2\text{V}$ $V_{EN/UVLO} = 1.5\text{V}$, Not Switching	12.5 1.8	15.5 2.2	17.5 2.7	μA mA
EN/UVLO Pin Threshold	EN/UVLO Pin Voltage Rising	● 1.21	1.25	1.29	V
EN/UVLO Pin Hysteresis Current	EN/UVLO=1V	8	10	12	μA
V_{IN_SENSE} Threshold	Turn Off		27		μA
V_{REF} Voltage	0 μA Load 200 μA Load	● 1.97 ● 1.95	2.0 1.98	2.03 2.03	V V
CTRL1/CTRL2/CTRL3 Pin Bias Current	CTRL1/CTRL2/CTRL3 = 1V			± 30	nA

2 – Estimativa inicial da tensão e corrente de pico para seleção do MOSFET:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$

Parâmetros de Saída:

$$V_{OUT} = 12 \text{ V}$$

$$I_{OUT} = 1 \text{ A}$$

$$P_{OUT} = V_{OUT}I_{OUT} = 12 \times 1 = 12 \text{ W}$$

Estimativa Inicial do Consumo do CI:

$$V_{CI} = 12 \text{ V}$$

$$I_{CI_{max}} = 8 \text{ mA}$$

$$P_{CI_{max}} = V_{CI}I_{CI_{max}} = 12 \times 0,008 = 96 \text{ mW}$$

Estimativa Inicial dos Parâmetros de Entrada:

$$V_{IN_{min}} = 90 \text{ V} \quad V_{IN_{max}} = 260 \text{ V}$$

$$\text{Adotar: } V_{IN_m} = \sqrt{2}V_{IN_{max}}$$

$$V_{IN_m} = \sqrt{2} \times 260 = 367,7 \text{ V}$$

$$\text{Adotar inicialmente: } I_{IN_m} = 10I_{IN_{max}}$$

$$I_{IN_m} = \frac{P_{OUT} + I_{CI_{max}}}{V_{IN_{min}} \eta} = \frac{12 + 0,096}{90 \times 0,85} = 158,1 \text{ mA}$$

$$I_{IN_m} = 10 \times 158,1 \text{ mA} = 1,581 \text{ A}$$

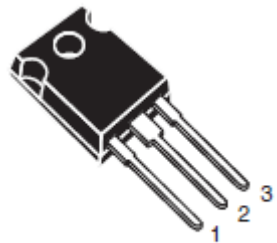
3 – Selecionar MOSFET de chaveamento.

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

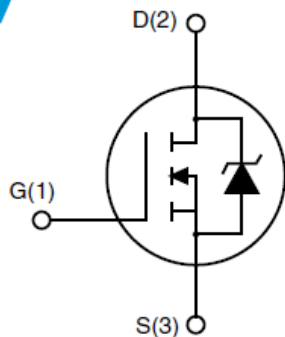
Características: $V_{DS} > 2V_{INm} = 749,5$ V
 $I_D > I_{INm} > 1,581$ A

Symbol	Parameter	Value		Unit
		D ² PAK, I ² PAK TO-220, TO-247	TO-220FP	
V_{DS}	Drain-source voltage ($V_{GS} = 0$)	800		V
V_{GS}	Gate-source voltage	± 30		V
I_D	Drain current (continuous) at $T_C = 25$ °C	11	11 ⁽¹⁾	A
I_D	Drain current (continuous) at $T_C = 100$ °C	8	8 ⁽¹⁾	A
$I_{DM}^{(2)}$	Drain current (pulsed)	44	44 ⁽¹⁾	A
P_{TOT}	Total dissipation at $T_C = 25$ °C	150	35	W
	Derating factor	1.2	0.28	W/°C
V_{ISO}	Insulation withstand voltage (DC)		2500	V
T_J	Operating junction temperature	-65 to 150		°C
T_{stg}	Storage temperature			

STW11NM80



TO-247



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

4 – Calcular a corrente de polarização do MOSFET.

LT3798

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

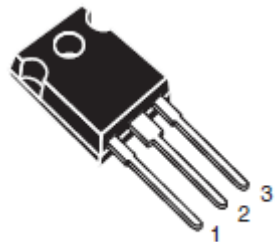
$$I_{G_{max}} = f_{SW_{max}} Q_G$$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS The ● denotes the specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at $T_A = 25^\circ\text{C}$. $V_{IN} = 18\text{V}$, $INTV_{CC} = 11\text{V}$, unless otherwise noted.

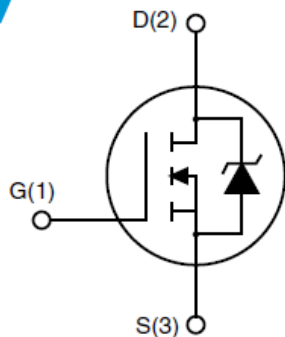
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Maximum Oscillator Frequency	COMP ⁺ = 0.95V, $V_{IN_SENSE} = 150\mu\text{A}$		150		kHz
Minimum Oscillator Frequency	COMP ⁺ = 0V, $V_{FB} < V_{OVP}$		4		kHz
Minimum Oscillator Frequency	COMP ⁺ = 0V, $V_{FB} > V_{OVP}$		0.5		kHz
Backup Oscillator Frequency			20		kHz

STW11NM80

STW11NM80



TO-247



Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Q_g	Total gate charge	$V_{DD} = 640\text{V}$, $I_D = 11\text{A}$		43.6		nC
Q_{gs}	Gate-source charge	$V_{GS} = 10\text{V}$	-	11.6	-	nC
Q_{gd}	Gate-drain charge	(see Figure 18)		21		nC
$V_{GS(th)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$	3	4	5	V
$R_{DS(on)}$	Static drain-source on resistance	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 5.5\text{A}$		0.35	0.40	Ω

$$I_{G_{max}} = 150\text{ kHz} \times 43,6\text{ nC} = 6,54\text{ mA}$$

5 – Capacitor de Filtro de Entrada.

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$

Parâmetros de Saída:

$$V_{OUT} = 12 \text{ V}$$

$$I_{OUT} = 1 \text{ A}$$

$$P_{OUT} = V_{OUT} I_{OUT} = 12 \times 1 = 12 \text{ W}$$

Consumo do CI:

$$V_{CI} = 12 \text{ V}$$

$$I_{CI_{max}} = 6,54 \text{ mA} + 60 \mu\text{A} = 6,6 \text{ mA}$$

$$P_{CI_{max}} = V_{CI} I_{CI_{max}} = 12 \times 0,0066 = 79,2 \text{ mW}$$

Na Condição de Menor Tensão e Maior Corrente:

$$V_{IN_{max}} = 265 \text{ V} \quad V_{m_{max}} = \sqrt{2} \times 265 - 2 \times 0,7 = 373,4 \text{ V}$$

$$V_{IN_{min}} = 90 \text{ V} \quad V_{m_{min}} = \sqrt{2} \times 90 - 2 \times 0,7 = 125,9 \text{ V}$$

$$V_{dc} = V_{m_{min}} - \frac{V_r(\text{pp})}{2} = 125,9 - \frac{20}{2} = 115,9 \text{ V}$$

$$I_{IN_m} = \frac{P_{OUT} + I_{CI_{max}}}{V_{dc}\eta} = \frac{12 + 0,0792}{115,9 \times 0,85} = 122,6 \text{ mA}$$

$$C = \frac{I_{IN_m}}{4f(V_{m_{min}} - V_{dc})} = \frac{122,6 \text{ mA}}{4 \times 60(125,9 - 115,9)} = 51 \mu\text{F}$$

Capacitor de Filtro: Eletrolítico

$$C = 51 \mu\text{F} \quad V \geq 450 \text{ V}$$

6 – Diodo da Ponte Retificadora.

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$

$$\theta_c = \sqrt{\frac{2V_r(\text{pp})}{V_{m\text{min}}}} = \sqrt{\frac{2 \times 20}{115,9}} = 0,564 \text{ rad} = 32,3^\circ$$

$$T_1 = \frac{\theta_c}{\omega} = \frac{\theta_c}{2\pi f} = \frac{0,5}{2\pi \times 120} = 747 \mu\text{s}$$

$$T = \frac{1}{2f} = \frac{1}{120} = 8,3 \text{ ms}$$

$$I_p = \frac{T}{T_1} I_{INm} = \frac{0,0083}{0,000747} 122,6 \text{ mA} = 1,37 \text{ A}$$

Diodo Retificador: MUR460

$$V_R = 600 \text{ V} \quad I_{F(AV)} = 4 \text{ A} \quad I_{FSM} = 110 \text{ A}$$

7 – Transformador: Razão Cíclica (D) e Relação de Espiras (N).

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

Razão Cíclica

$$D = \frac{t_{on}}{T}$$

$$t_{on} = DT$$

$$t_{off} = (1 - D)T$$

$$D = \frac{NV_{OUT}}{V_{in} + NV_{OUT}}$$

Define as correntes no transformador.

Corrente de Pico no Primário:

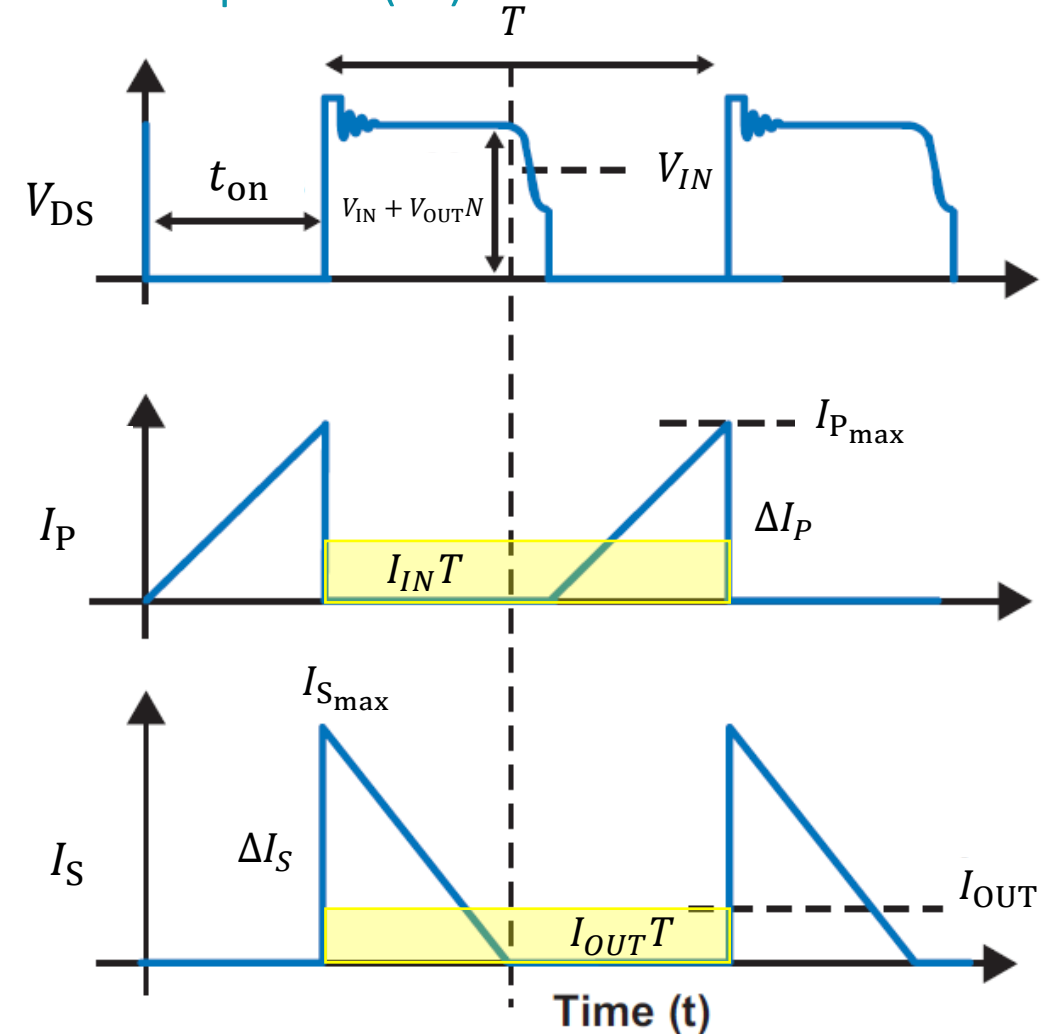
$$I_{IN}T = \frac{I_{P_{max}}}{2} t_{on} = \frac{I_{P_{max}}}{2} DT$$

$$I_{P_{max}} = \frac{2I_{IN}}{D}$$

Corrente de Pico no Secundário:

$$I_{OUT}T = \frac{I_{S_{max}}}{2} t_{off} = \frac{I_{P_{max}}}{2} (1 - D)T$$

$$I_{S_{max}} = \frac{2I_{OUT}}{(1 - D)}$$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

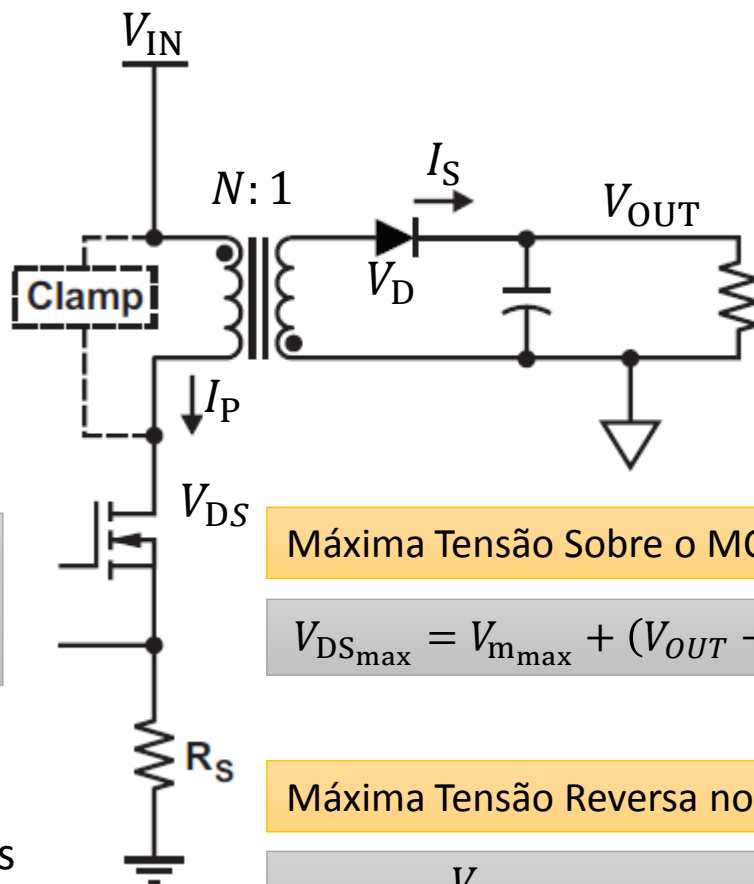
7 – Transformador: Razão Cíclica (D) e Relação de Espiras (N).

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

Relação de Espiras

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{L_P}{L_S}} = N$$

Possui grande impacto na seleção dos semicondutores do circuito de chaveamento.

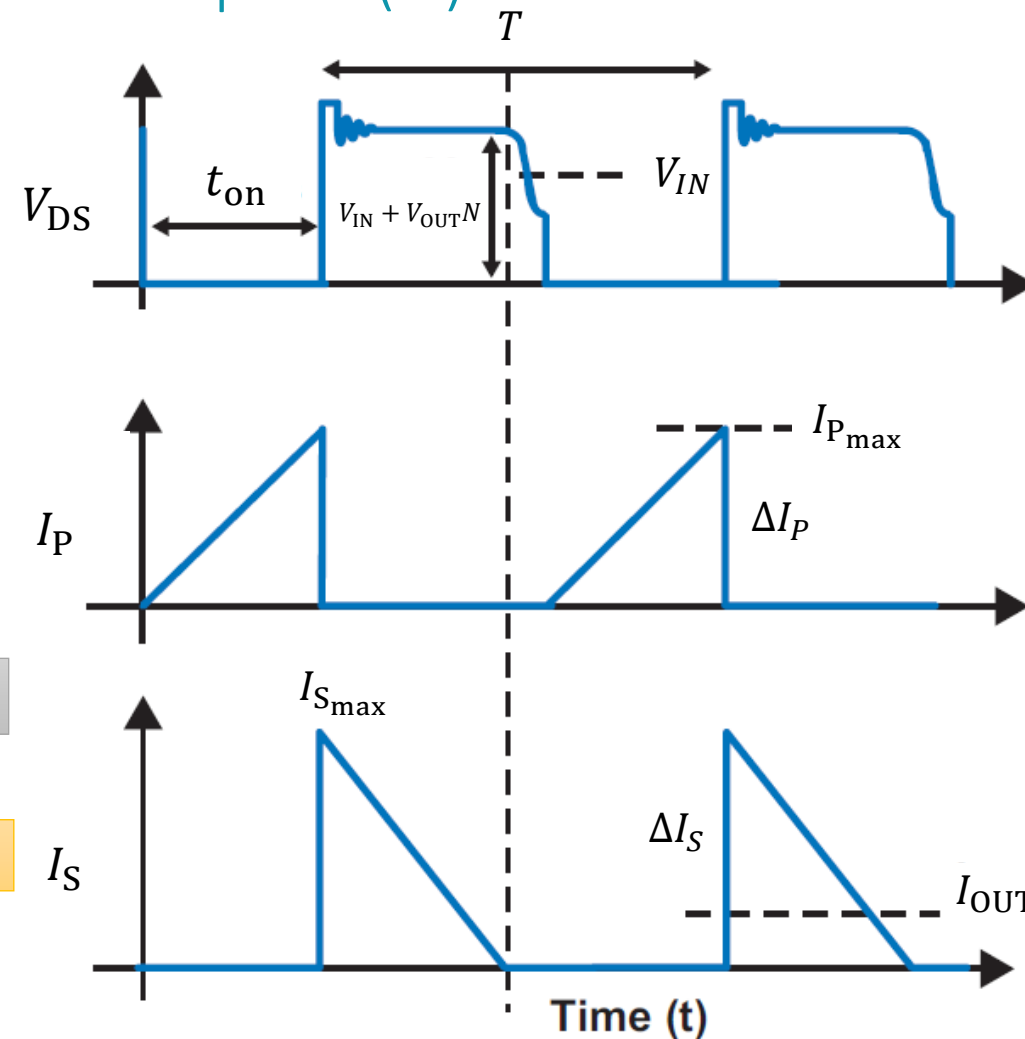


Máxima Tensão Sobre o MOSFET

$$V_{DS_{max}} = V_{m_{max}} + (V_{OUT} + V_D)N$$

Máxima Tensão Reversa no Diodo

$$V_{R_{max}} = \frac{V_{m_{max}}}{N} + (V_{OUT} + V_D)$$



7 – Transformador: Razão Cíclica (D) e Relação de Espiras (N).

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$

Ponto de Partida: $D = 0,25$

Valor baixo, conforme orientação da folha de dados!!!

Corrente de Pico no Primário:

$$I_{INm} = 122,6 \text{ mA}$$
$$I_{Pmax} = \frac{2I_{INm}}{D} = \frac{2 \times 122,6 \text{ mA}}{0,25} = 981 \text{ mA}$$

Corrente de Pico no Secundário:

$$I_{Smax} = \frac{2I_{OUT}}{(1-D)} = \frac{2 \times 1 \text{ A}}{1-0,25} = 2,66 \text{ A}$$

Relação de Espiras

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{L_P}{L_S}} = N$$

Razão Cíclica

$$D = \frac{t_{on}}{T}$$

$$t_{on} = DT$$

$$t_{off} = (1-D)T$$

Indutância do Primário:

$$L_P = \frac{V_{dc}D}{I_{Pmax} \left(\frac{f_{SWmin} + f_{SWmax}}{2} \right)} = \frac{115,9 \text{ V} \times 0,25}{981 \text{ mA} \times 77 \text{ kHz}} = 383,5 \mu\text{H}$$

Indutância do Secundário:

$$L_S = \frac{(V_{OUT} + V_D)(1-D)}{I_{Smax} \left(\frac{f_{SWmin} + f_{SWmax}}{2} \right)} = \frac{(12 + 0,7) \times (1-0,25)}{2,66 \text{ A} \times 77 \text{ kHz}} = 46,4 \mu\text{H}$$

Relação de Espiras

$$N = \sqrt{\frac{L_P}{L_S}} = \sqrt{\frac{383,5 \mu\text{H}}{46,4 \mu\text{H}}} = 2,87$$

8 – Seleção do Diodo Retificador de Saída e Zener de Grampeamento.

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

Relação de Espiras

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{L_P}{L_S}} = N$$

Razão Cíclica

$$D = \frac{t_{on}}{T}$$

$$t_{on} = DT$$

$$t_{off} = (1 - D)T$$

Relação de Espiras: $N = 2,87$

Conferir a Máxima Tensão no MOSFET:

$$V_{DS_{max}} = V_{m_{max}} + (V_{OUT} + V_D)N$$

$$V_{DS_{max}} = 373,4 \text{ V} + 12,7 \times 2,87$$

$$V_{DS_{max}} = 410 \text{ V} \quad \text{OK}$$

Máxima Tensão Reversa no Diodo

$$V_{R_{max}} = \frac{V_{m_{max}}}{N} + (V_{OUT} + V_D)$$

$$V_{R_{max}} = \frac{373,4}{2,87} + 12,7 = 143 \text{ V}$$

O diodo retificador de saída de saída deve possuir: $V_{BR} > V_{R_{max}}$

$$I_F > I_{S_{max}}$$

MBRS3200T3G

Schottky Power Rectifier

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	200	V
Average Rectified Forward Current ($T_L = 150^\circ\text{C}$)	$I_{F(AV)}$	3.0	A
Non-Repetitive Peak Surge Current (Surge Applied at Rated Load Conditions Halfwave, Single Phase, 60 Hz)	I_{FSM}	100	A
Operating Junction Temperature	T_J	-65 to +175	$^\circ\text{C}$

Essa também pode ser a tensão do Zener de grampeamento.

1N5388

$$V_Z = 200 \text{ V}$$

$$P_Z = 5 \text{ W}$$



9 – Capacitor de Saída

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$

$$D = 0,25$$

$$C_{OUT} = \frac{I_{OUT}t_{on}}{V_{rpp}} = \frac{I_{OUT}DT}{V_{rpp}} = \frac{I_{OUT}D}{V_{rpp} \left(\frac{f_{SW_{min}} + f_{SW_{max}}}{2} \right)} = \frac{1 \times 0,25}{0,1 \times 77 \text{ kHz}} = 32,5 \mu\text{F}$$

11 – Ajuste da Tensão de Saída

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

Da Folha de Dados do LT3798:

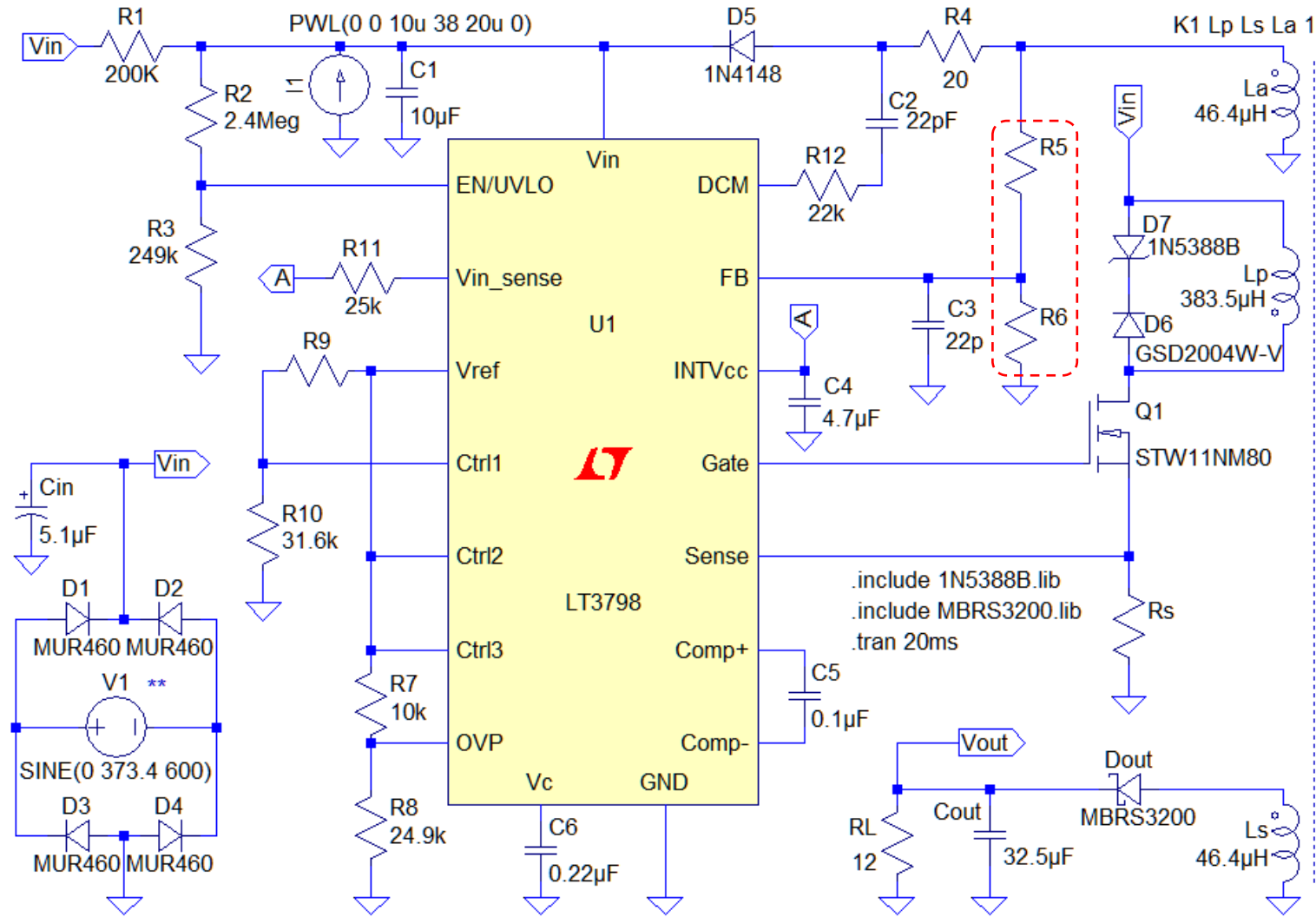
$$V_{OUT} = \frac{V_{BG}(R_5 + R_6)}{N_{SA}R_6} - \left(V_F + \frac{R_5 I_{TC}}{N_{SA}} \right)$$

$$R_5 = N_{SA} \frac{1}{\delta I_{TC} / \delta T} \delta V_F / \delta T$$

$$R_6 = \frac{V_{BG}R_5}{N_{SA}(V_{OUT} + V_F) + R_5 I_{TC} - V_{BG}}$$

$$\delta I_{TC} / \delta T = 12,4 \text{ nA}/^\circ\text{C} \quad V_{BG} = 1,25 \text{ V}$$

$$I_{TC} = 4,25 \text{ }\mu\text{A}$$



11 – Ajuste da Tensão de Saída

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

Da Folha de Dados do LT3798:

$$V_{OUT} = \frac{V_{BG}(R_5 + R_6)}{N_{SA}R_6} - \left(V_F + \frac{R_5 I_{TC}}{N_{SA}} \right)$$

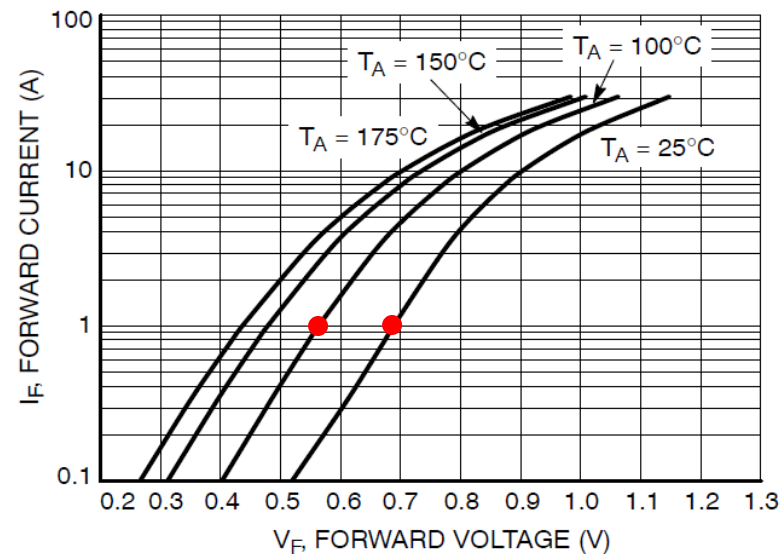
$$R_5 = N_{SA} \frac{1}{\delta I_{TC}/\delta T} \delta V_F / \delta T$$

$$R_6 = \frac{V_{BG}R_5}{N_{SA}(V_{OUT} + V_F) + R_5 I_{TC} - V_{BG}}$$

$$\delta I_{TC}/\delta T = 12,4 \text{ nA}/^\circ\text{C} \quad V_{BG} = 1,25 \text{ V}$$

$$I_{TC} = 4,25 \mu\text{A}$$

Da Folha de Dados do MBR3200:



$$\frac{\delta V_F}{\delta T} \approx \frac{0,68 - 0,56}{25 - 100} \approx -1,6 \text{ mV}/^\circ\text{C}$$

$$V_F \approx 0,68 \text{ V}$$

$$R_5 = \frac{1,6 \times 10^{-3}}{12,4 \times 10^{-9}} = 129 \text{ k}\Omega$$

$$R_6 = \frac{1,25 \text{ V} \times 129 \text{ k}\Omega}{1(12 \text{ V} + 0,57 \text{ V}) + 150,5 \text{ k}\Omega \times 4,25 \mu\text{A} - 1,25 \text{ V}}$$

$$R_6 = 13,46 \text{ k}\Omega$$

Projeto de Fonte Chaveada Isolada

12 – Ajuste do Resistor de Monitoramento de Corrente

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
 Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
 Saída: 12 V/1A
 Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
 Regulação Estática: 5%
 Eficiência: $\geq 85\%$

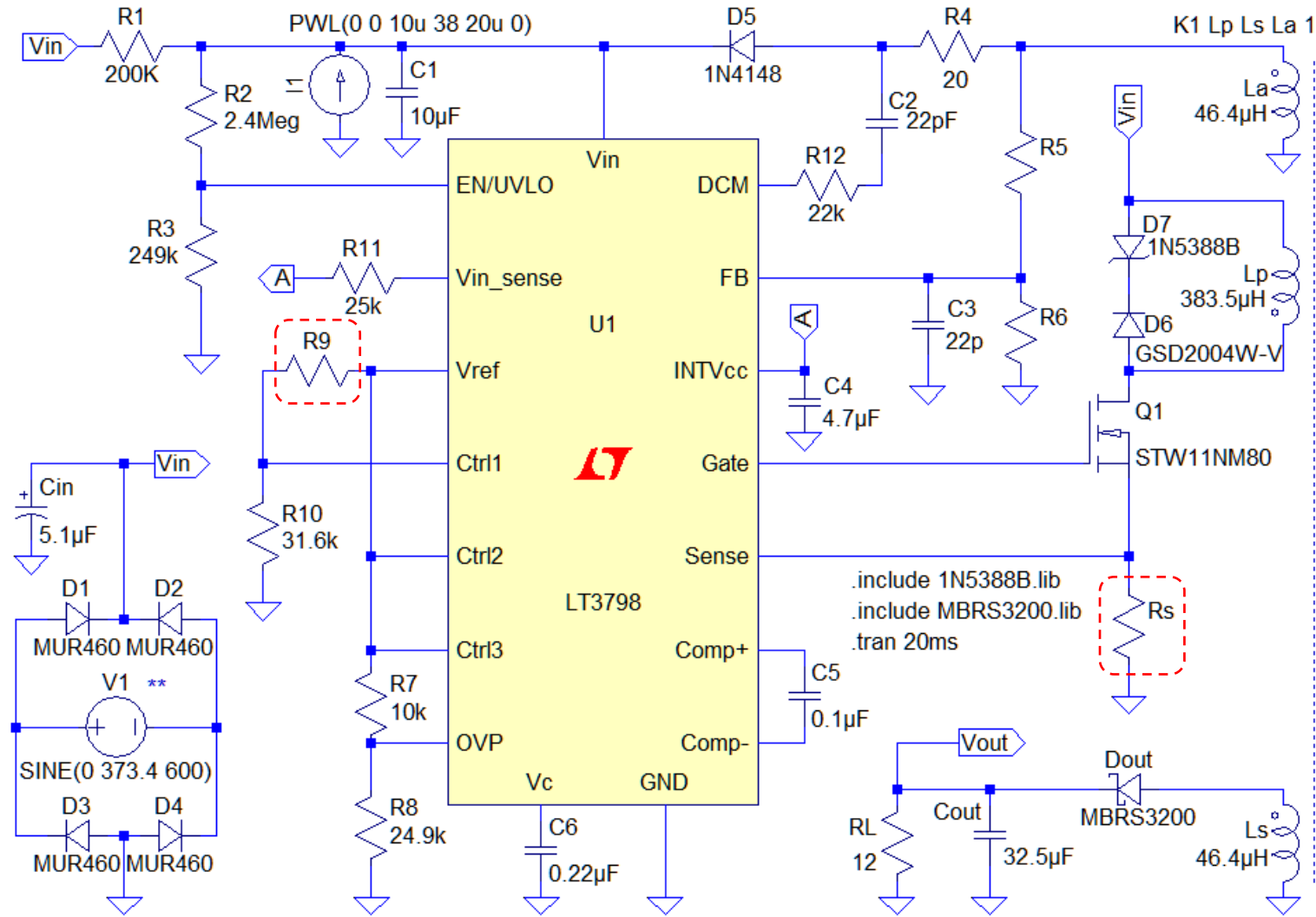
Da Folha de Dados do LT3798:

$$R_S = \frac{2(1 - D)N}{42I_{OUT}} \times 95\%$$

$$R_S = \frac{2(1 - 0,25)2,87}{42 \times 1} \times 95\% = 0,0976 \Omega$$

$$R_9 = R_{10} \left(\frac{2N}{42I_{OUT}R_S} - 1 \right)$$

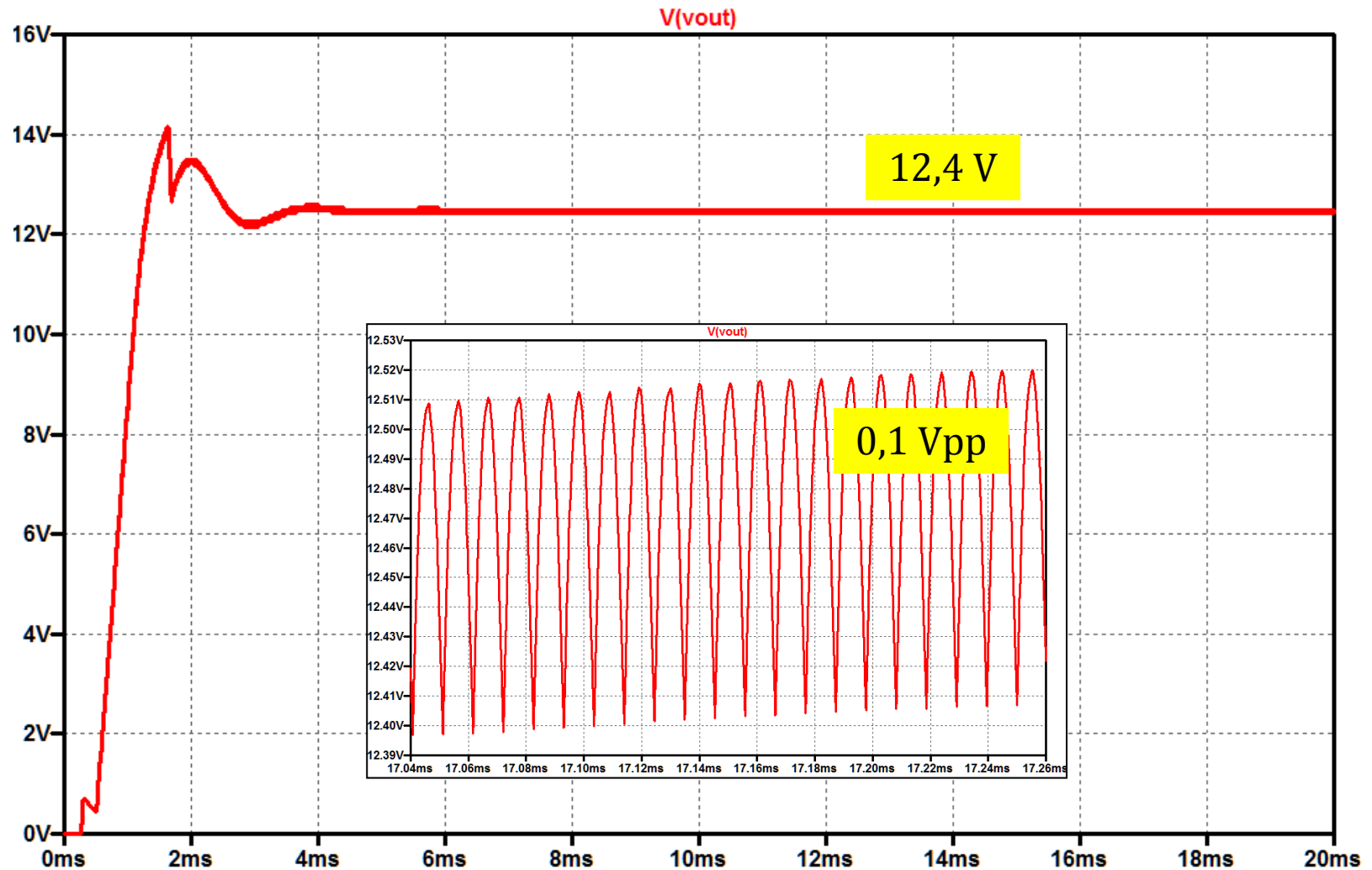
$$R_9 = 31,6 \text{ k}\Omega \left(\frac{2 \times 2,87}{42 \times 1 \times 0,0976\Omega} - 1 \right) = 12,75 \text{ k}\Omega$$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

13 – Conferir se o projeto atende aos requisitos

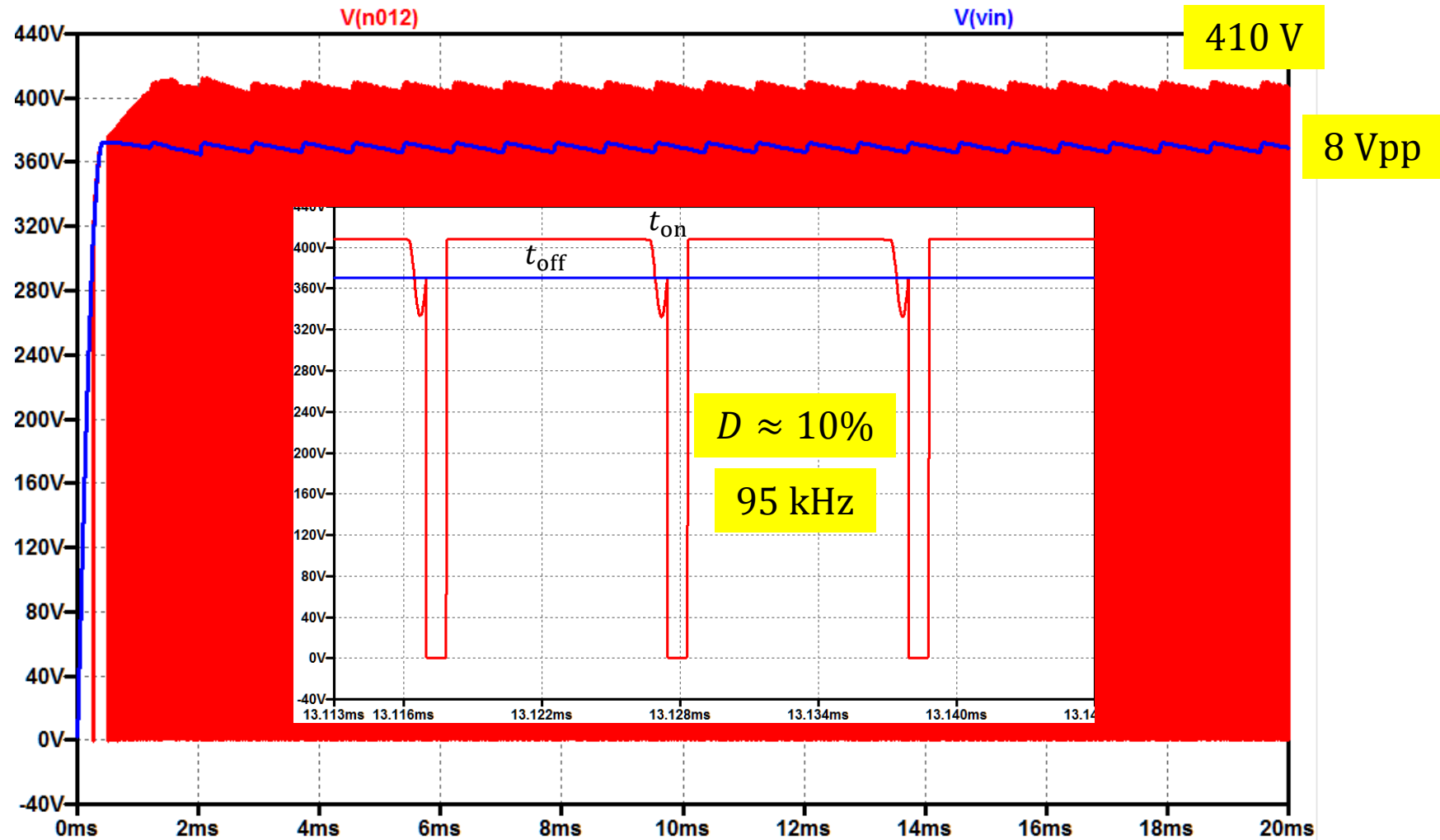
Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

13 – Conferir se o projeto atende aos requisitos

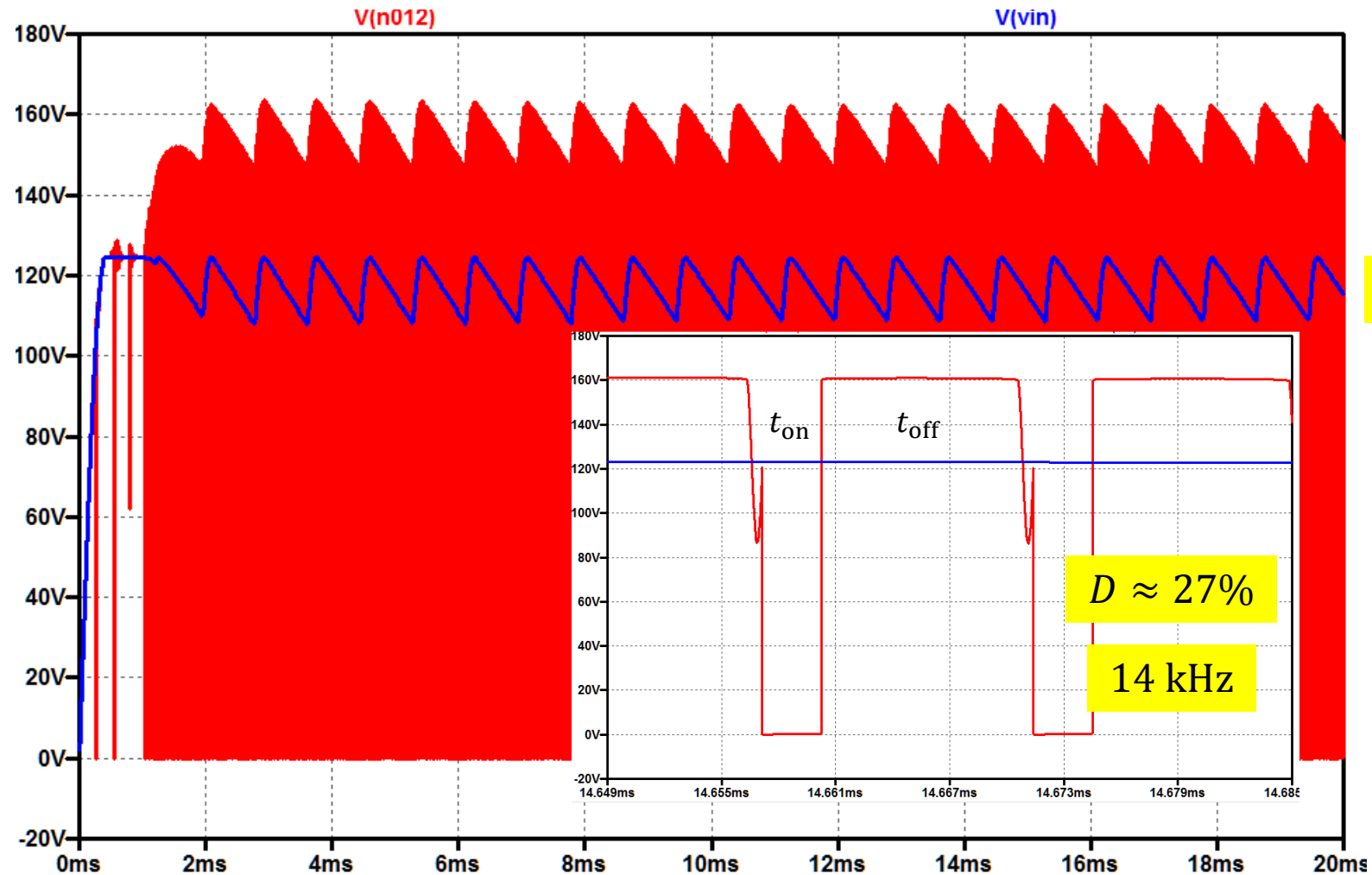
Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

13 – Conferir se o projeto atende aos requisitos

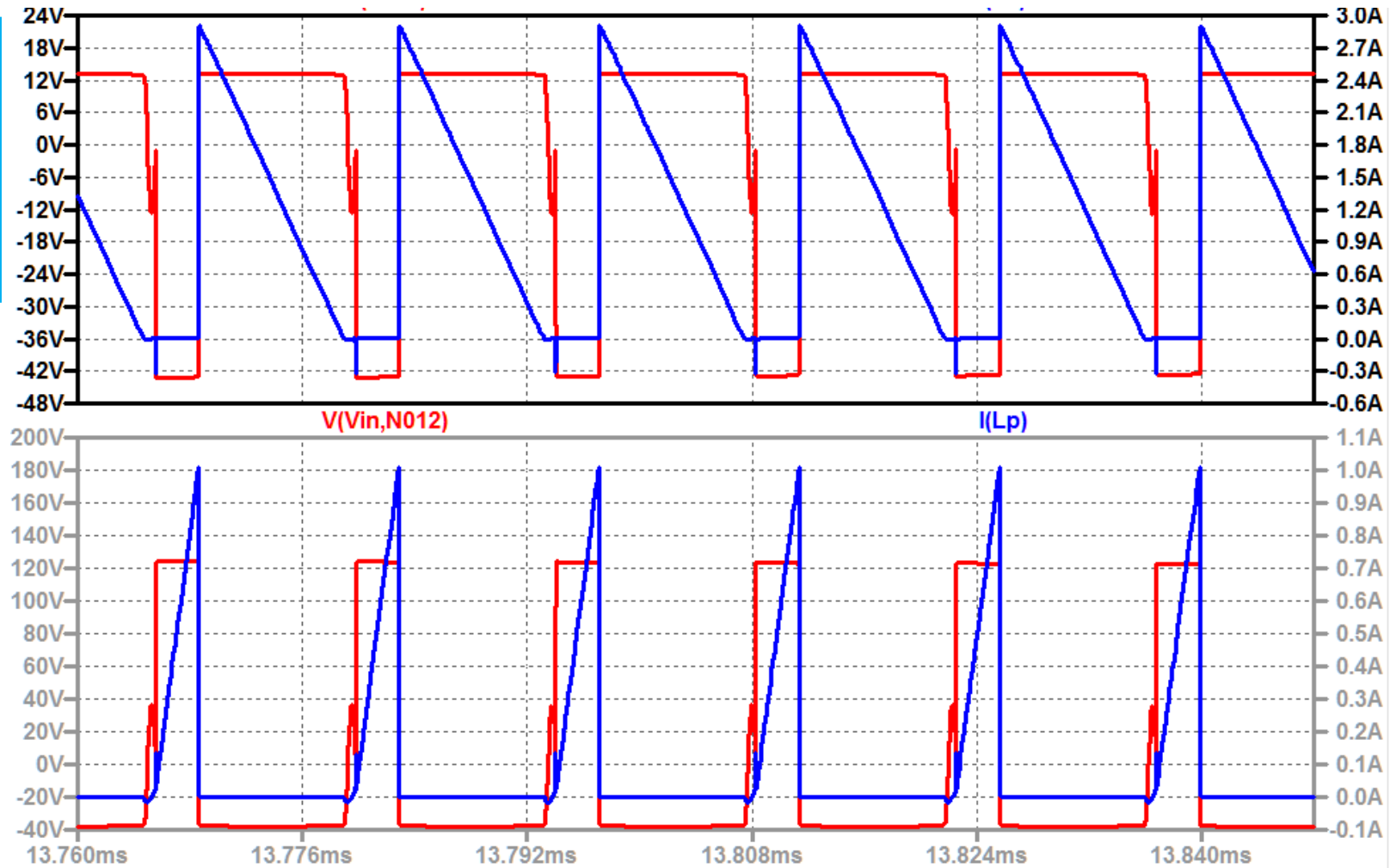
Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



Projeto de Fonte Chaveada Isolada

13 – Conferir se o projeto atende aos requisitos

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz
Ripple de Entrada: ≤ 20 Vpp
Saída: 12 V/1A
Ripple de Saída: ≤ 100 mVpp
Regulação Estática: 5%
Eficiência: $\geq 85\%$



$$I_{S_{max}} = 2,8 \text{ A}$$

$$I_{S_{max}} = 2,66 \text{ A}$$

$$I_{P_{max}} = 1 \text{ A}$$

$$I_{P_{max}} = 981 \text{ mA}$$

Experimento: Fonte Chaveada

1 – Dimensionar o circuito de uma fonte chaveada isolada para atender aos seguintes requisitos:

Entrada: 90 – 265 Vac/60 Hz

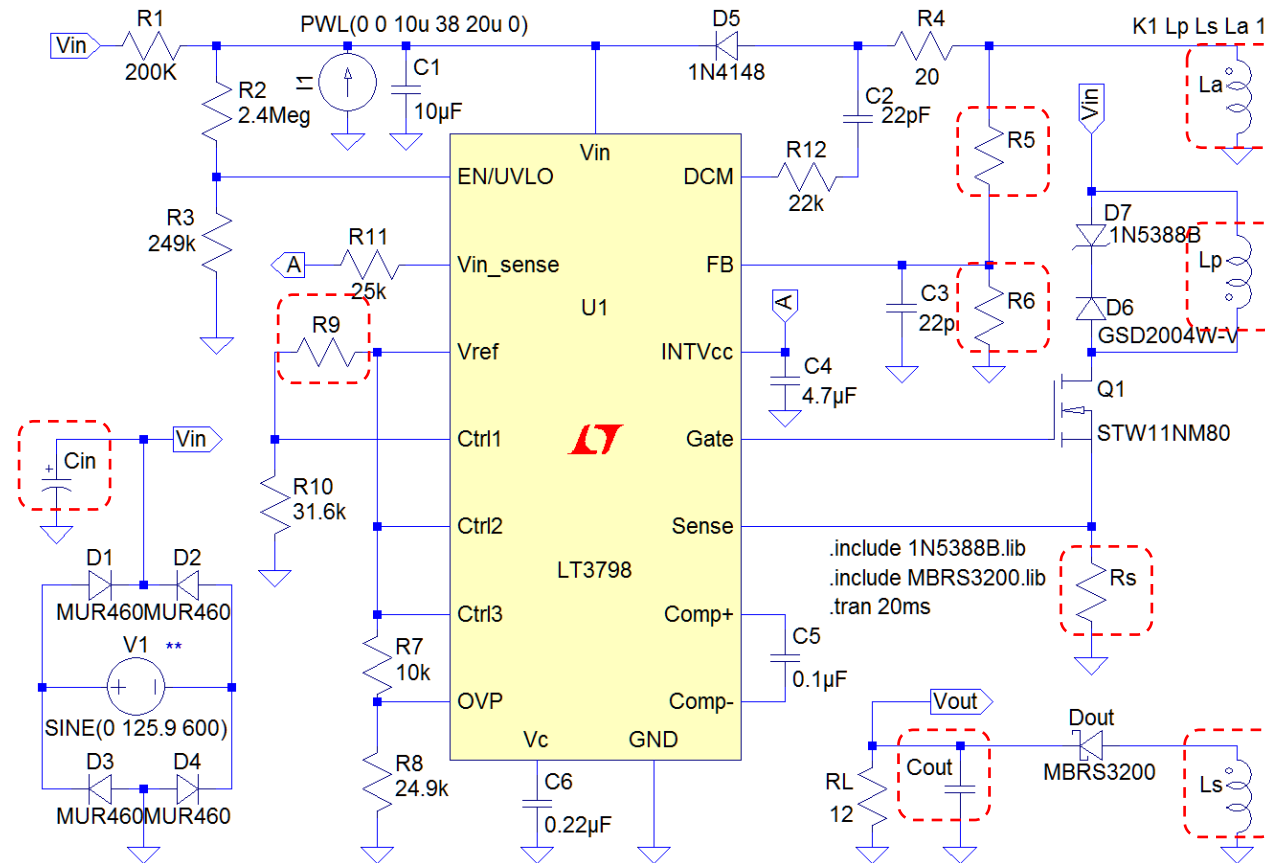
Ripple de Entrada: ≤ 15 Vpp

Saída: 15 V/1A

Ripple de Saída: ≤ 110 mVpp

Regulação Estática: 5%

Eficiência: $\geq 85\%$



- ❑ Boylestad, Robert L.; Nashelsky, Louis “Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos”, 6 ed., Rio de Janeiro, LTC (1998)
- ❑ Boylestad, Robert L.; Nashelsky, Louis “Electronic Devices and Circuit Theory”, 11 ed., Boston, Pearson (2013).