



Is Now Part of



**ON Semiconductor®**

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at

[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

# 应用指南 AN6032

## FAN4800 Combo 控制器应用

### 概述

本应用指南介绍高性能电源的逐步设计步骤。本文档中的等式还可用于不同输出电压和总功率的计算。

图6和图7中所示的完整电源电路表明FAN4800能在管理高输出功率的同时符合有关交流线路质量的国际标准。PFC部分可为双晶体管电流模式正向转换器提供380V<sub>DC</sub>电源。转换器可提供输出电流最高为8.4A的+12V<sub>DC</sub>电压。该电路的工作电压为85至265V<sub>AC</sub>，两个电源部分均以100kHz频率开关。

### PFC 级

#### FAN4800 上电

C<sub>12</sub> 通过 R<sub>27</sub> 和 R<sub>28</sub> 充电至 13V 后，FAN4800 就会被初始化。PFC 开关动作可使 C<sub>5</sub> 增压至 380V（通过 L<sub>1</sub> 电感）。T<sub>2</sub> 随后会向 FAN4800 的次级绕组提供一个经过良好调节的 13V 电压。T<sub>2</sub> 的初级与次级匝数比 (N<sub>PRI</sub> / N<sub>SEC</sub>) 等于 18.8:1。为确保电路正常工作，提供具有低 ESR 的陶瓷或薄膜电容作为 V<sub>CC</sub> 和 V<sub>REF</sub> 的高频旁路电容。如果 D<sub>2</sub> 在升压开关 Q<sub>1</sub> 开启之前将升压电容快速充电至峰值交流线路电压，那么在一启动时就能实现有序的 PFC 操作。这能确保升压电感电流在 PFC 动作开始前为零。C<sub>5</sub> 上调节电压的值必须始终高于提供给电源的

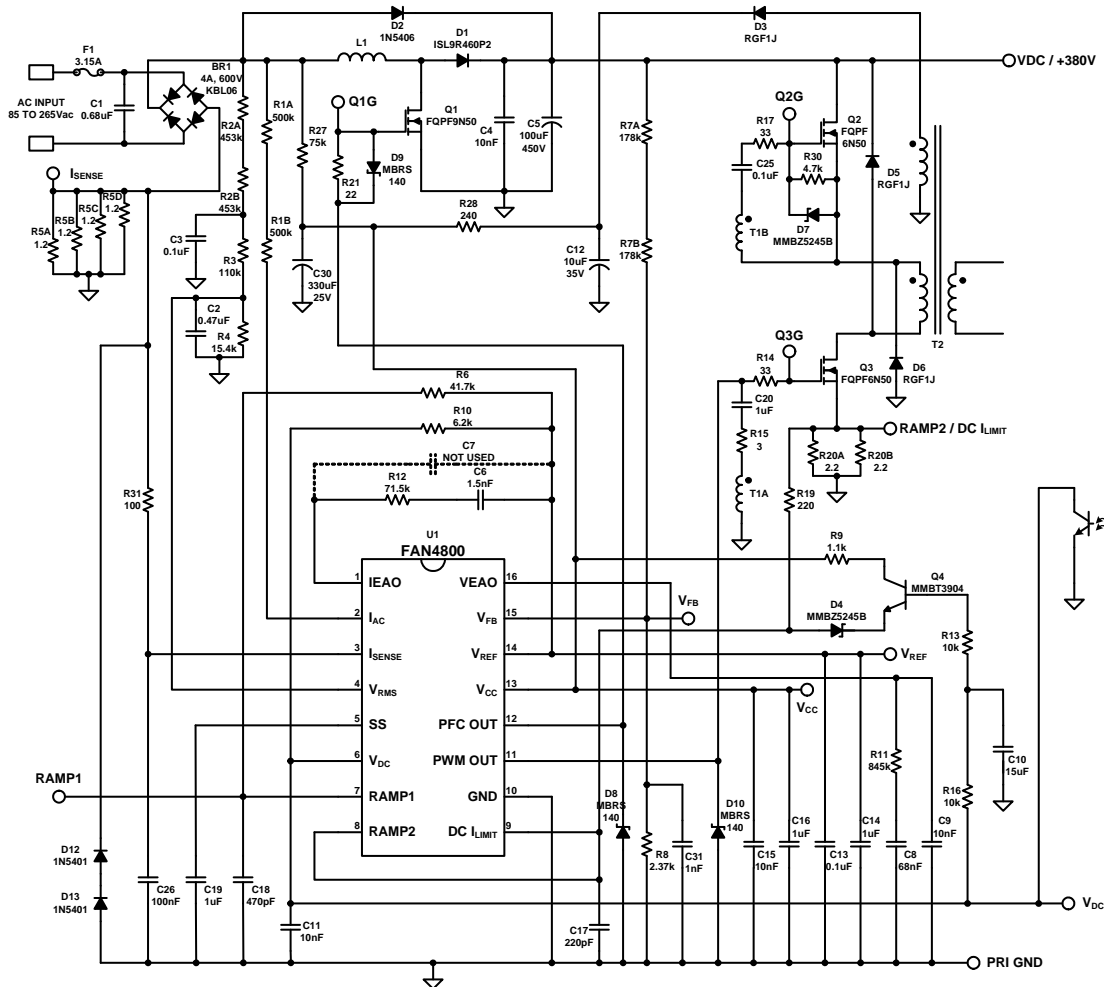


图 1. PFC 级

最大线路电压的峰值。

$$\begin{aligned} V_{C5} &> \sqrt{2}V_{in(rms\_max)} \\ V_{C5} &> (1.414) \times (265) \\ V_{C5} &> 375V \quad \text{use } 380V \end{aligned} \quad (1)$$

由于 FAN4800 使用跨导放大器，环路补偿网络将返回至地（有关误差放大器的特性 / 优势，请参见 FAN4800 数据手册）。这样可消除阻性分压器网络与环路补偿电容之间的相互影响，允许较宽的分压值选择范围，从而最大程度降低输入偏置电流导致的放大器失调电压。为确保可靠操作， $R_{7A}$  和  $R_{7B}$  必须具有至少 400V 的电压额定值。

分压比  $(R_{7A}+R_{7B})/R_8$  由下式计算得出：

$$\begin{aligned} \frac{R_{7A} + R_{7B}}{R_8} &= \frac{V_{C5}}{2.5} - 1 \\ \frac{R_{7A} + R_{7B}}{R_8} &= \frac{380}{2.5} - 1 \\ \frac{R_{7A} + R_{7B}}{R_8} &= 151 \end{aligned} \quad (2)$$

## 选择功率元件

FAN4800 PFC 部分采用连续电感电流工作，可将峰值电流减至最小，同时实现最大可用功率。升压电感值通过设定高频电流的峰峰值 DI 而得，通常为最大线路电流峰值的 10% 到 20%。

$$I_{in(peak\_max)} = \frac{\sqrt{2}P_{in(max)}}{V_{in(rms\_min)}} \quad (3)$$

$$P_{in(max)} = \frac{P_{O(max)}}{\eta} \quad (4)$$

其中， $I_{in(peak\_max)}$  是低压时的输入电流峰值， $V_{in(rms\_min)}$  是最小线路电压有效值， $P_{O(max)}$  是最大输出功率， $\eta$  是效率。 $I_{in(peak\_max)}$  定义 DI 的值，其中 dI 是指定的百分率。 $I_{L(max)}$  是电感最大电流。

$$\begin{aligned} \Delta I &= dI \times I_{in(peak\_max)} \\ I_{L(max)} &= I_{in(peak\_max)} + \frac{\Delta I}{2} \end{aligned} \quad (5)$$

占空比 D 和开关频率  $f_S$  影响电感选型。

$$D = \frac{V_O - \sqrt{2}V_{in(rms\_min)}}{V_O} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{D \times \sqrt{2}V_{in(rms\_min)}}{f_S \times \Delta I} \\ &= \frac{(V_O - \sqrt{2}V_{in(rms\_min)}) \cdot V_{in(rms\_min)}^2 \cdot \eta}{V_O \cdot f_S \cdot dI \cdot P_{O(max)}} \\ &= \frac{\{380 - (1.414) \cdot (85)\} \cdot (85)^2 \cdot (0.95)}{(380) \cdot (1 \times 10^3) \cdot (0.15) \cdot (100)} \\ &= 3.128mH \quad \text{use } 3.0mH \end{aligned} \quad (7)$$

升压二极管  $D_1$  和开关  $Q_1$  在 500V 反向电压额定值条件下选定，可安全地耐受 380V 升压。最大  $Q_1$  有效值电流通过等式 8 可获得，最大  $Q_1$  峰值电流通过等式 9 可计算得出。

$$\begin{aligned} I_{Q1rms} &= \sqrt{2}I_{in(rms\_max)} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{4\sqrt{2}V_{in(rms\_min)}}{3\pi V_O}} \\ &= \frac{\sqrt{2}P_{O(max)}}{\eta V_{in(rms\_min)}} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{4\sqrt{2}V_{in(rms\_min)}}{3\pi V_O}} \\ &= \frac{(1.414) \cdot (100)}{(0.95) \cdot (85)} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{4 \cdot (1.414) \cdot (85)}{3 \cdot (3.1416) \cdot (380)}} \\ &= 1.06A \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} I_{Q1peak} &= I_{in(peak\_max)} + \frac{\Delta I}{2} \\ &= \frac{\sqrt{2}P_{O(max)}}{\eta V_{in(rms\_min)}} + \frac{(V_O - \sqrt{2}V_{in(rms\_min)}) \cdot \sqrt{2}V_{in(rms\_min)}}{V_O \cdot f_S \cdot L_1} \\ &= \frac{(1.414) \cdot (100)}{(0.95) \cdot (85)} + \frac{\{380 - (1.414) \cdot (85)\} \cdot (1.414) \cdot (85)}{(380) \cdot (1 \times 10^3) \cdot (3 \times 10^{-3})} \\ &= 2.025A \end{aligned} \quad (9)$$

升压二极管平均电流可由下式计算得出：

$$\begin{aligned} I_{D1avg} &= I_{O(max)} \\ &= \frac{P_{O(max)}}{V_O} \\ &= \frac{100}{380} = 0.26A \end{aligned} \quad (10)$$

如果线路电压被突然移除，则选择允许给定输出电压保持时间的升压电容值。

$$C_5 \geq \frac{2P_{O(max)}t_{HLD}}{V_{C5(NOM)}^2 - V_{C5(MIN)}^2} \quad (11)$$

其中：

$t_{HLD}$  = 保持时间（秒）

$V_{C5(min)}$  =  $C_5$  上的最小电压，此时 PWM 级依然可输出全部功率

使用前沿 / 后沿调制的一个重要优势是：大部分电感电流

会直接“倾泻”至负载（PWM 级变压器）而非升压电容。这样可以降低升压电容的 ESR 要求。例如，选择 C<sub>5</sub> 的最大纹波电流额定值（频率为 120Hz）时，应使用等式 12 作为起始点。

$$I_{C5\_rms} = \frac{I_{O(C5)}}{\sqrt{2}} \quad (12)$$

$$(I_{peak} = \sqrt{2} \cdot I_{C5\_rms}) \quad (12a)$$

## 选择功率设置元

PFC 级提供的最大平均功率可通过下列步骤设置：

1. 确定一个阻性分压比，使最小线路电压条件下的 V<sub>RMS</sub> 引脚电压等于 1.14V。该引脚处的电压必须经过良好滤波，同时要能够良好响应瞬变线路电压的变化。

$$\frac{R_4}{R_{TOT}} = \frac{1.14 \cdot \pi}{2\sqrt{2}V_{in(rms\_min)}} \quad (13)$$

典型示例中的电阻和电容值根据经验可知，提供最低的纹波电压，同时仍然能对线路电压的变化作出良好响应。若所需比例与等式 13 中的差别较大，则可根据等式 14 和 15 调节滤波器电容值。

$$C_3 = \frac{R_{TOT}}{2\pi f_1 \cdot (R_{2A} + R_{2B}) \cdot (R_3 + R_4)} \quad (14)$$

$$C_2 = \frac{\left(1 + \frac{R_4 \cdot R_{TOT}}{(R_{2A} + R_{2B}) \cdot (R_3 + R_4)}\right)}{2\pi f_2 \cdot R_4} \quad (15)$$

其中：

$$f_1 = 15\text{Hz}, f_2 = 23\text{Hz}$$

$$R_{TOT} = R_{2A} + R_{2B} + R_3 + R_4$$

2. 在等式 16a 中确定乘法器增益 k 的比例常数 k<sub>M</sub>。要在低于最低输入电压的情况下进行“掉电”操作，那么在确定 k<sub>M</sub> 值时，必须使用乘法器的最大增益。最大增益 (0.35) 在乘法器的 V<sub>RMS</sub> 输入等于 1.14V 时获得。等式 16 是乘法器增益与线路电压关系的一般表达式。

$$k = \frac{k_M}{V_{rms}^2} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} k_M &= kV_{in(rms\_min)}^2 \\ &= (0.35) \cdot (85)^2 \\ &= 2528.75 \approx 2529 \end{aligned} \quad (16a)$$

3. 一选择 (R<sub>1A</sub>+R<sub>1B</sub>) 的值，在不使输出饱和的情况下，该值要能使乘法器输出电流达到最大。乘法器的最大

输出电流为 228.57mA。

$$\begin{aligned} (R_{1A} + R_{1B}) &\geq \frac{k\sqrt{2}V_{in(rms\_min)}(V_{EAO(max)} - 0.625)}{228.57 \times 10^{-6}} \\ (R_{1A} + R_{1B}) &\geq \frac{(0.35) \cdot (1.414) \cdot (85)(6 - 0.625)}{228.57 \times 10^{-6}} \\ (R_{1A} + R_{1B}) &\geq 989.38k\Omega \quad \text{use } 1M\Omega \end{aligned} \quad (17)$$

4. 选择电流感测电阻值，完成功率设置元件的计算。

$$R_{5A} \parallel R_{5B} \parallel R_{5C} \parallel R_{5D} \leq \frac{R_{MULO} \cdot k_M (V_{EAO(max)} - 0.625) \cdot \eta}{P_{O(max)} (R_{1A} + R_{1B})} \quad (18)$$

$$R_{5A} \parallel R_{5B} \parallel R_{5C} \parallel R_{5D} \leq \frac{(3.5 \times 10^3) \cdot (2529)(6 - 0.625) \cdot (0.95)}{(100)(1 \times 10^6)}$$

$$R_{5A} \parallel R_{5B} \parallel R_{5C} \parallel R_{5D} \leq 0.452\Omega \quad \text{use } 0.3\Omega$$

其中：

R<sub>MULO</sub> = 乘法器输出端接电阻 (3.5k)。

## 电压环路补偿

稳定的 PFC 部分的最大瞬态响应可在开环交越频率等于线路频率的一半时获得。对于该应用，补偿元件（极点/零点对）的选择依据为：闭环响应以 20dB/十倍频程速度下降，在 30Hz 时交越单位增益，然后立即下降至 40dB/十倍频程。误差放大器极点设为 30Hz，有效零点为该频率的十分之一，即 3Hz。确定功率级的交越频率 (G<sub>PS</sub> = 1)。例如，等式 20 中可确定功率级极点，而等式 21 可确定功率级直流增益。

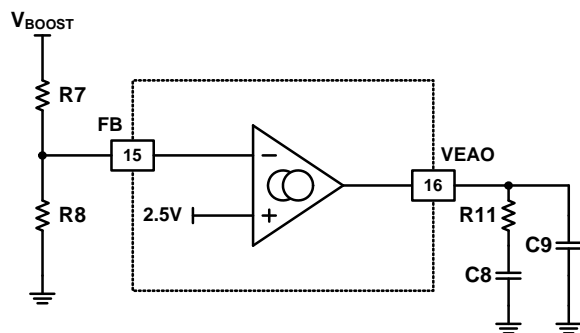


图 2. 电压放大补偿

$$f_C = \frac{P_{in(max)}}{2\pi V_O (V_{EAO(max)} - 0.625) C_5}$$

$$= \frac{P_{O(max)}}{2\pi \eta V_O (V_{EAO(max)} - 0.625) C_5} \quad (19)$$

$$= \frac{100}{(2) \cdot (3.1416) \cdot (0.95) \cdot (380) \cdot (6 - 0.625) \cdot (100 \times 10^{-6})}$$

$$= 82.02 \text{ Hz}$$

$$f_P = \frac{1}{\pi R_L C_5} \quad (20)$$

$$= \frac{1}{(3.1416) \cdot (1444) \cdot (100 \times 10^{-6})}$$

$$= 2.20 \text{ Hz}$$

其中：

$$R_L = \frac{V_O^2}{P_{O(max)}} \quad (21)$$

$$G_{PS(DC)} = \frac{\sqrt{2} f_C}{f_P}$$

$$= \frac{(1.414) \cdot (82.02)}{2.20}$$

$$= 52.72 \quad (34.44 \text{ dB})$$

30Hz 时的功率级增益可由下式计算得出：

$$G_{PS(30\text{Hz})} = \frac{f_C}{30} \quad (22)$$

$$= \frac{82.02}{30}$$

$$= 2.734 \quad (8.736 \text{ dB})$$

根据等式 23，功率级增益可通过阻性分压器 ( $R_{7A}+R_{7B}$ )/ $R_8$  进行衰减：

$$G_{RDIV} = \frac{R_8}{R_{7A} + R_{7B} + R_8} \quad (23)$$

$$= \frac{2.37}{178 + 178 + 2.37}$$

$$= 6.613 \times 10^{-3} \quad (-43.59 \text{ dB})$$

使开环增益在 30Hz 时变为单位增益所需的误差放大器增益量是功率级增益与分频级增益之和的负数（衰减）：

$$G_{EA} = -(G_{PS(30\text{Hz})} + G_{RDIV}) \quad (24)$$

$$= -(8.736 + (-43.59))$$

$$= 34.854 \text{ dB} \quad (55.29 \text{ V/V})$$

设定误差放大器高频增益的  $R_{11}$  值可由下式确定：

$$R_{11} = \frac{G_{EA}}{g_M} \quad (25)$$

$$= \frac{55.29}{70 \times 10^{-6}}$$

$$= 789.8 \text{ k}\Omega \quad \text{use } 845 \text{ k}\Omega$$

计算  $C_8$ ；该值与  $R_{11}$  一同将零电平频率设为 3Hz。

$$C_8 = \frac{1}{2\pi R_{11} f_z} \quad (26)$$

$$= \frac{1}{(2) \cdot (3.1416) \cdot (845 \times 10^3) \cdot (3)}$$

$$= 62.8 \text{ nF} \quad \text{use } 68 \text{ nF}$$

由于极点频率是零点频率的十倍，因此极点电容  $C_9$  是  $C_8$  的十分之一。

$$C_9 = \frac{C_8}{10} \quad (27)$$

$$= \frac{68 \times 10^{-9}}{10}$$

$$= 6.8 \text{ nF} \quad \text{use } 10 \text{ nF}$$

### 电流环路补偿

电流环路补偿与电压环路补偿类似，但开环交叉频率的选择有所不同。为了避免与电压环路相互作用，电流环路带宽应当比电压环路交越频率高十倍，但不超过开关频率的六分之一，即 16.7kHz。功率级的交越频率通过等式 28 计算得出，极点频率通过等式 29 计算得出，功率级直流增益通过等式 30 计算得出。

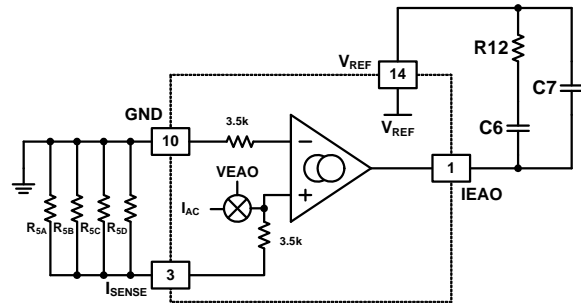


图 3. 电流放大补偿

$$f_c = \frac{(R_{SA} \parallel R_{SB} \parallel R_{SC} \parallel R_{SD})V_O}{2\pi L_I V_{RAMP(p-p)}} \quad (28)$$

$$= \frac{(0.3)(380)}{(2) \cdot (3.1416) \cdot (3 \times 10^{-3}) \cdot (2.75)}$$

$$= 2.2\text{kHz}$$

$$f_p = \frac{1}{\pi R_L C_5} \quad (29)$$

$$= \frac{1}{(3.1416) \cdot (1444) \cdot (100 \times 10^{-6})}$$

$$= 2.20\text{Hz} \quad \text{same as (20)}$$

$$G_{PS(DC)} = \frac{\sqrt{2}f_c}{f_p} \quad (30)$$

$$= \frac{(1.414) \cdot (2.20 \times 10^3)}{2.20}$$

$$= 1414 \quad (63.0\text{dB})$$

确定 16.7kHz 时的电源级增益。

$$G_{PS(16.7\text{kHz})} = \frac{f_c}{16.7 \times 10^3} \quad (31)$$

$$= \frac{2.20 \times 10^3}{16.7 \times 10^3}$$

$$= 1.32 \times 10^{-1} \quad (-17.60\text{dB})$$

电流环路不含衰减电阻，因此误差放大器可由下式获得：

$$G_{EA} = -(-G_{PS(16.7\text{kHz})}) \quad (32)$$

$$= -(-17.60)$$

$$= 17.60\text{dB} \quad (7.58V/V)$$

确定电流误差放大器设置电阻  $R_{12}$  的阻值。

$$R_{12} = \frac{G_{EA}}{g_{M(CE)}} \quad (33)$$

$$= \frac{7.58}{85 \times 10^{-6}}$$

$$= 89.2\text{k}\Omega \quad \text{use } 71.5\text{k}\Omega$$

计算 1.67kHz 时形成零点的  $C_6$  值。

$$C_6 = \frac{1}{2\pi R_{12} f_z} \quad (34)$$

$$= \frac{1}{(2) \cdot (3.1416) \cdot (71.5 \times 10^3) \cdot (1.67 \times 10^3)}$$

$$= 1.33\text{nF} \quad \text{use } 1.5\text{nF}$$

极点电容  $C_7$  是  $C_6$  的十分之一。

$$C_7 = \frac{C_6}{10} \quad (35)$$

$$= \frac{1.5 \times 10^{-9}}{10}$$

$$= 150\text{pF}$$

## PWM 级

### 软启动 PWM 级

FAN4800 具有专用的软启动引脚，可控制输出电压的上升速率，同时防止上电过冲。PFC 电压到达其标称值之前，控制器都不会发起软启动操作，从而可防止 PFC 电流过大导致的输出电压停止。如果发生 FAN4800 电源丢失事件或 PFC 升压降低到  $228V_{DC}$  以下，PWM 操作便会终止。延迟为 50ms 时的电容值 ( $C_{19}$ ) 可由等式 36 确定。

$$C_{19} = (t_{SS}) \cdot \left( \frac{20 \times 10^{-6}}{0.95} \right) \quad (36)$$

$$= (0.05) \cdot \left( \frac{20 \times 10^{-6}}{0.95} \right)$$

$$= 1\mu\text{F}$$

### 设置振荡器频率

提供一个版本的 FAN4800。在 FAN4800IN 中，PFC 和 PWM 的工作频率相同。

### FAN4800IN

一般而言，最好选择一个小数值电容  $C_{18}$ ，使振荡器占空比最大 ( $C_{18}$  放电时间最小)。电容值过小会增加振荡器对于相位调制 (由进入该节点的杂散场电压电感造成) 的敏感度。实际情况中，选择的  $C_{18}$  的值为 470pF。等式 37 中大于 10k 的  $R_6$  的值都是准确的。

$$R_6 \cong \frac{1}{0.51 \cdot f_{SW} C_{18}} \quad (37)$$

$$\cong \frac{1}{(0.51) \cdot (1 \times 10^5) \cdot (470 \times 10^{-12})}$$

$$\cong 41.7\text{k}\Omega$$

### 限流

PWM 功率级在电流模式下工作，使用  $R_{20A}$  和  $R_{20B}$  产生电压斜坡，用于占空比控制。FAN4800 通过内部 1V 比较器限制最大初级端电流；超过最大初级端电流则会

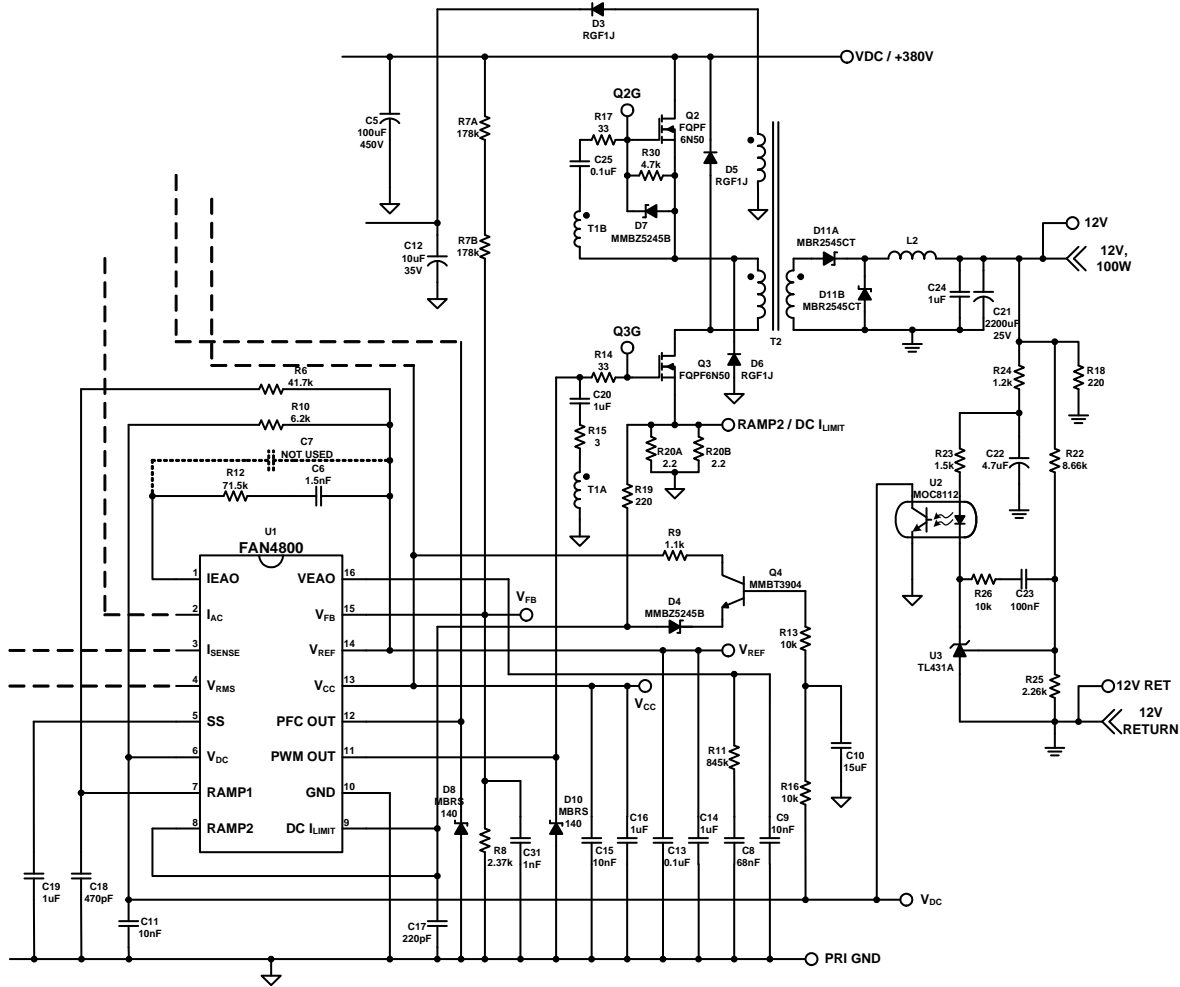


图 4. PVM 级

终止驱动至外部功率 MOSFET。最大初级端电流为：

$$I_{PRI(MAX)} = \frac{I}{R_{20A} || R_{20B}} \quad (38)$$

$$= \frac{2.2 + 2.2}{2.2 \times 2.2}$$

$$= 0.91Amps$$

求解等式 40 即可得到斜坡电阻值。斜坡电容值应当在 470pF ~ 10nF 的范围内。选择具有适当电压额定值、能耐受升压的电阻。

$$R_{RAMP} = \frac{\sigma_{(MAX)}}{C_{RAMP} f_{SW} \ln \left( 1 - \frac{V_{REF}}{V_O + 0.5V_R} \right)} \quad (40)$$

**电压模式（前馈）**

若使用了电压模式控制，则必须知道 C<sub>5</sub> 的峰值电压，以便选择合适的斜坡生成元件。等式 39 可确定最差情况下的 C<sub>5</sub> 峰峰值纹波电压。要确定峰值电压，可将纹波电压除以 2，然后将其与调节后的升压相加。请记住，由于 FAN4800 采用前沿 / 后沿调制，因此实际峰峰值纹波电压通常远低于计算值。

$$V_{R(C5)} = I_{OUT(C5)} \sqrt{\left( \frac{1}{4\pi f_L C_5} \right)^2 + ESR(C_5)^2} \quad (39)$$

其中：

f<sub>L</sub> = 线路频率

其中：

S<sub>(MAX)</sub> = 最大 PWM 占空比（FAN4800 为 0.45）

V<sub>R</sub> = 等式 39 中的峰峰升压电容纹波电压。

**功率变压器匝数比**

T<sub>2</sub> 次级端的最小输出电压可通过等式 41 确定。选择的

次级端电压为 30V，可增加输出电压保持时间。

$$\begin{aligned} V_{SEC(MIN)} &= \frac{V_{OUT}}{\sigma_{(MAX)}} + V_F & (41) \\ &= \frac{12}{0.45} + 1.0 \\ &= 27.7\text{Volts} \end{aligned}$$

变压器匝数比由等式 42 获得：

$$\begin{aligned} \frac{N_{PRI}}{N_{SEC}} &= \frac{V_O}{V_{SEC(MIN)}} & (42) \\ &= \frac{380}{30} \\ N_{PRI} : N_{SEC} &= 38 : 3 \end{aligned}$$

输出短路的最大次级端电流由等式 43 限定：

$$\begin{aligned} I_{SEC(MAX)} &= \frac{I_{PRI(MAX)} N_{PRI}}{N_{SEC}} & (43) \\ &= \frac{(0.91) \cdot (38)}{3} \\ &= 11.5\text{Amps} \end{aligned}$$

选择的输出电感和整流器具有高于最大次级端电流的最大额定电流。

### 输出滤波器元件选型

选择的  $L_2$  值能最大限度地有效减小输出纹波电流，从而放宽对滤波器电容的 ESR 要求。 $C_{21}$  的 ESR 值是输出纹波的主导因素。所需的最大 ESR 值在等式 44 中确定：

$$ESR_{(C21)} \leq \frac{V_R L_2 f_{SW}}{V_{SEC} \sigma_{(MAX)}} \quad (44)$$

其中：

$V_R$  = 峰峰输出纹波电压。

### 输出电压补偿

TL431 分流调节器  $U_3$  和光电隔离器  $U_2$  执行输出电压设置与调节。光电元件跨接在初级到次级的安全边界上，改变  $V_{DC}$  引脚电压，保持输出电压恒定不受线路和负载变化的影响。使用电流模式控制可简化环路补偿，使输出级只有单极点和零点。极点由输出电容和等效负载电阻形成。零点由滤波器电容及其 ESR 形成。本例中，零点操作就发生在闭环响应越过单位增益后，因此极点不对其进行补偿。输出极点被取消，通过将  $R_{26}$  与  $C_{23}$  相加增加总带宽，与 TL431 形成零点。有关使用 TL431 的更多信息，包括增益 / 相位与频率特性的关系，请参见飞兆半导体 [TL431](#) 数据手册。

### 3.3V 输出设计变化

最新的微处理器和支持电路要求采用 3.3V 电源确保正常工作。FAN4800 非常适合这些应用，包括节能环保的“绿色”PC。若所需的总输出功率远大于 100W，则有必

要重新选择某些元件，从 PFC 级开始考虑。 $T_2$  匝数比必须根据等式 42 调节，并加入另一个具有相同匝数比的低电流次级端绕组，其初始电压为 +12V。该次级绕组对于 TL431/ 光电电路的供电而言是必需的，因为 3.3V 输出不足以完全偏置反馈电路。可能会增大  $C_{21}$  以降低输出纹波电压。图 5 显示的是提供 16A 电流的 3.3V 输出级。

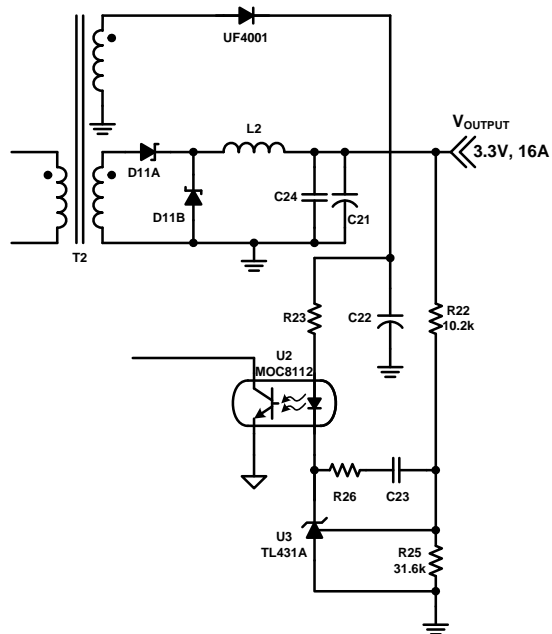


图 5. 3.3V 输出级



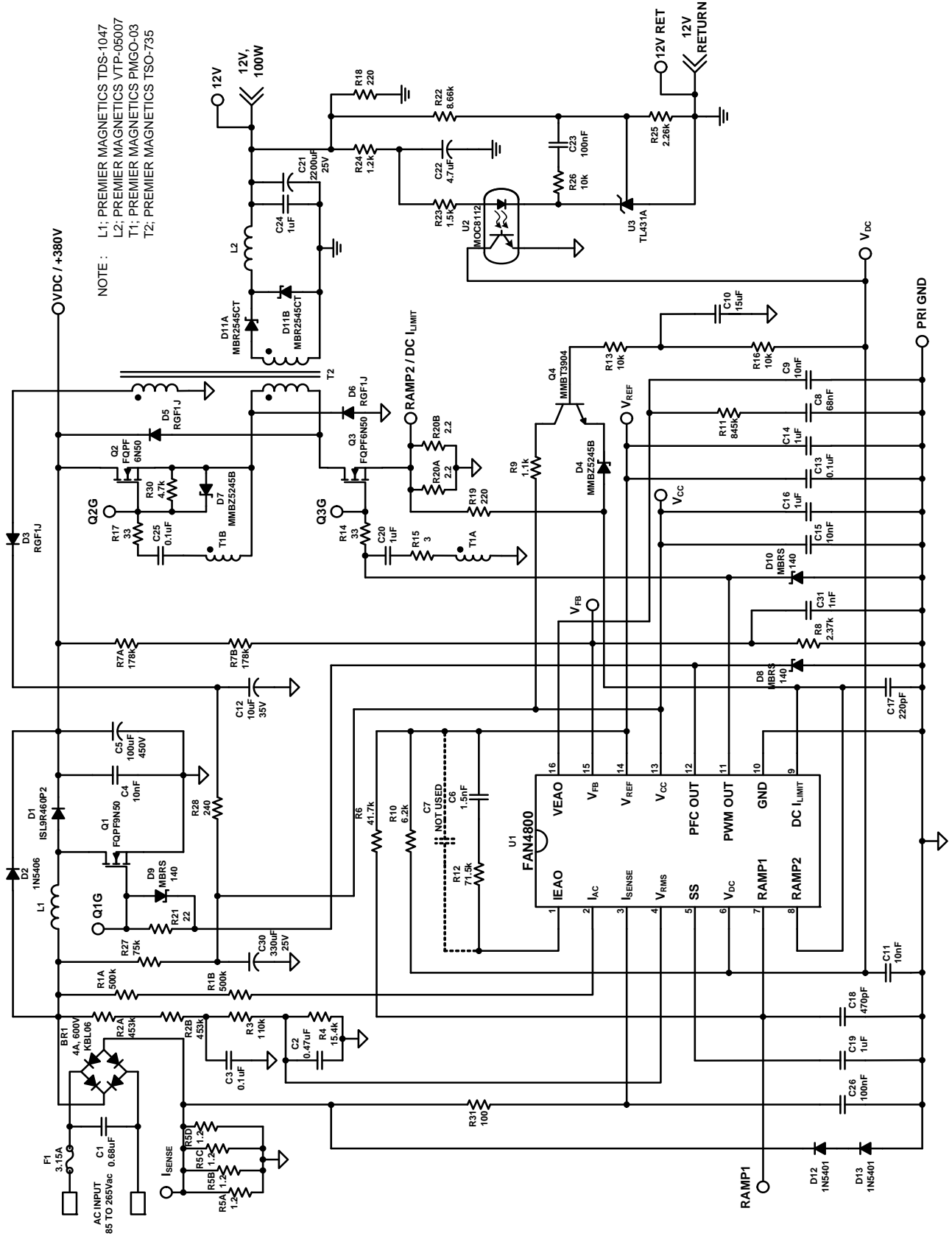


图 6. 完整的 100W 电路(电流模式)

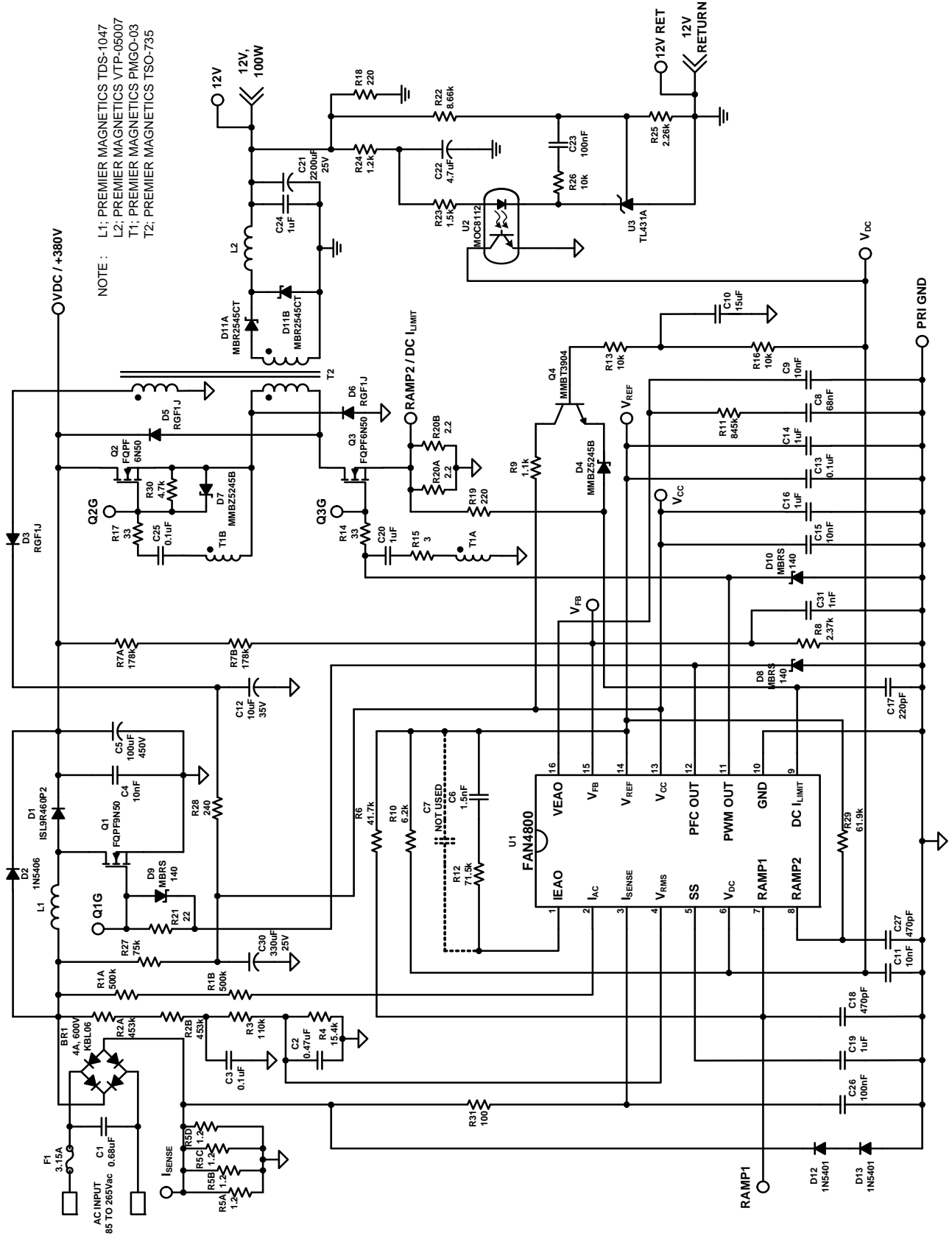


图 7. 完整的 100W 电路(电压模式)

---

**DISCLAIMER**

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

**LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which,
  - (a) are intended for surgical implant into the body, or
  - (b) support or sustain life, or
  - (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA  
**Phone:** 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
**Fax:** 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
**Email:** [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**  
Phone: 421 33 790 2910  
**Japan Customer Focus Center**  
Phone: 81-3-5817-1050

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)  
**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>  
For additional information, please contact your local  
Sales Representative