Is Now Part of

ON Semiconductor®

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at
www.onsemi.com

AN-6204

FAN6204 — 反激和正激续流整流的同步整流控制器

简介

本应用指南给出了飞兆半导体次级同步整流（SR）控制器 FAN6204 的设计要点，适用于连续导通模式（CCM）、断续导通模式（DCM）、准谐振（QR）反激式转换器以及双管正激续流整流（图 1和图 2）。

FAN6204 采用了独创的线性预测时序控制技术，用于决定 SR MOSFET 的开通与关断时序。 该控制技术只需检测变压器绕组电压和输出电压，无需检测 MOSFET 的电流，因此可以实现抗噪性。 另外，本技术无需来自初级端的通讯信号，因而减少了外部器件数量，简化了 PCB 布局。

在异常测试条件下，由于线性预测时序（LPT）控制和因果时序功能有可能无法保证安全运行，因此应该使用一些保护功能。 在负载变化测试条件下，采用错误因果时序保护、栅极扩展限制保护和 RES 压降保护。 当 LPC/RES 电阻损坏时，LPC/RES 引脚开路/短路保护可以防止 SR 控制器的错误操作。 另外，内部过温保护（OTP）和 V_{DD}过电压保护（VDD OVP）可使 FAN6204 避免在高温或输出过电压条件下的不可控问题。

为提高空载或轻载效率，采用了一种绿色模式功能。在绿色模式下，SR 控制器关断所有 SR 开关来降低工作电流，保证在轻载条件下功率损耗维持在一个较低水平。

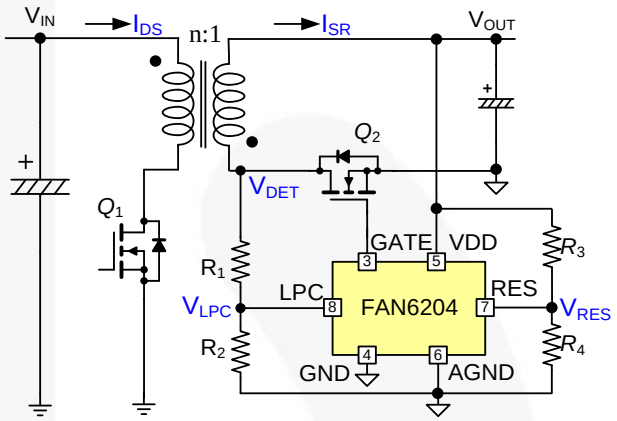

图 1. 反激转换器的典型应用电路

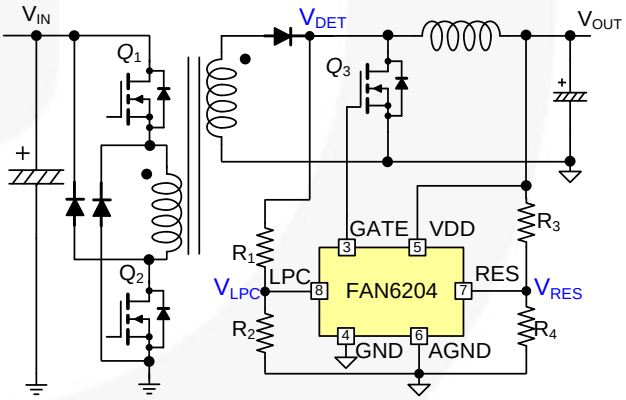

图 2. 双管正激续流整流的典型应用电路

外部组件设计

(a) 反激整流的应用

如图 1所示，LPC 和 RES 引脚的电阻需要根据 LPT 控制进行适当设计。 根据图 3，当 LPC 端电压在一个消隐时序（t_{LPC-EN}）内高于 V_{LPC-EN}时，SR 的栅极准备输出。 当 LPC 端电压跌落到低于 $V_{LPC-TH-HIGH}$ (0.05 V_{OUT}) 时，SR MOSFET 开始输出。 因此，V_{LPC-EN} 必须高于 $V_{LPC-TH-HIGH}$，否则 SR MOSFET 不能导通。 所以，LPC 端的分压器 R_1和 R_2，应该满足下式：

$$0.83\cdot\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot(\frac{V_{IN.MIN}}{n}+V_{OUT})>0.05V_{OUT}+0.3 \quad (1)$$

另一方面，需要考虑 LPC 和 RES (1~4 V) 的线性工作范围，则：

$$\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot(\frac{V_{IN.MAX}}{n}+V_{OUT})<4 \quad (2)$$

$$1<\frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot V_{OUT}<4 \quad (3)$$

由于 RES 和 LPC (K) 之间的分压比是 5，所以 C_T ($t_{CT.DIS}$) 的放电时间和电感电流的放电时间（$t_{L.DIS}$）相等。 然而，考虑到分压电阻和内部电路的公差，分压比 (K) 应该大于 5，以确保 $t_{CT.DIS}$比 $t_{L.DIS}$短。 K的典型值为 5~5.5。

$$K\cdot\frac{R_2}{R_1+R_2}=\frac{R_4}{R_3+R_4} \quad (4)$$

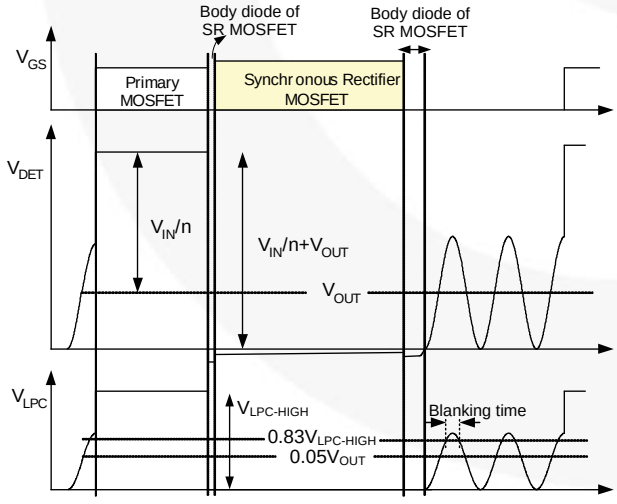

图 3. 采用 FAN6204 时 QR 反激变换器的典型波形

(b) 双管正激式续流整流的应用：

图 2给出了一种将 FAN6204 应用于正激续流二极管整流的典型应用电路。 由于 V_{LPC-EN} 必须大于 $V_{LPC-TH-HIGH}$，因此 LPC 端分压器 R_1和 R_2，应该满足下式：

$$0.83\cdot\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{V_{IN.MIN}}{n}>0.05V_{OUT}+0.3 \quad (5)$$

应该考虑 LPC 和 RES (1~4 V) 的线性工作范围，则：

$$\frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{V_{IN.MAX}}{n}<4 \quad (6)$$

$$\frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot V_{OUT}<4 \quad (7)$$

再考虑到分压电阻和内部电路的公差，分压比 (K) 的取值为 5~5.5。

$$K\cdot\frac{R_2}{R_1+R_2}=\frac{R_4}{R_3+R_4} \quad (8)$$

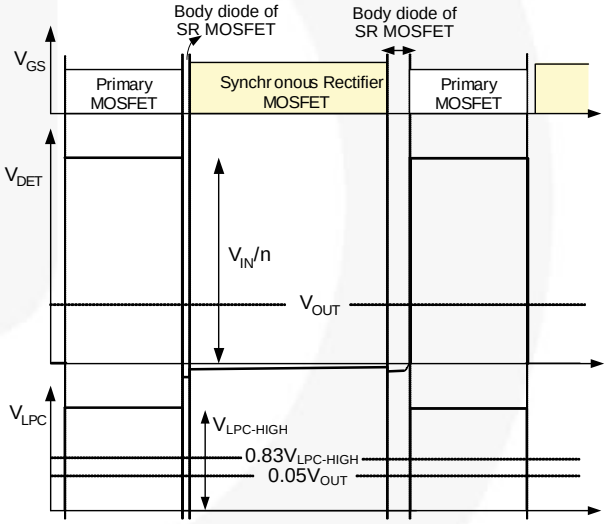

图 4. 采用 FAN6204 时正激 续流整流的典型波形

(c) 外部器件取值的考虑

LPC 部件： 为了防止由 V_{LPC} 跌落到低于 $V_{LPC-SOURCE}$(0.2 V) 而使 LPC 引脚受到负压而损坏，FAN6204 从 LPC 引脚输出电流 $I_{LPC-SOURCE}$，将 V_{LPC}钳位在一个正电平。 为实现正常控制，钳位电平必须低于 $V_{LPC-TH-HIGH}$，因此 R_2不能太大。 当低钳位电压高于 $V_{LPC-TH-HIGH}$时，应当减小 R_2，保证 SR 控制器能够正常工作。 按照计算所得的 LPC 分压比，一旦 R_2 确定，R_1也就确定。 建议 R_2的取值低于 15 kΩ。 另外，如果噪声干扰严重，建议在 LPC 引脚并联一个陶瓷电容器（大约 10 pF 至 22 pF）。

RES部件： 为了减小功耗，应将 R_3和 R_4的取值设计得尽可能大（理论上）。 事实上，由于高阻抗组件会引起噪声干扰，所以 RES 端的电阻值不能设计得太大。 由于以上原因，建议设计值为 10 kΩ 到几百 kΩ。

（设计范例）假定在反激系统中的输入电压 (V_{IN}) 最大值(VIN.MAX)为 373 V，最小值(VIN.MIN)为127 V；输出电压为 19 V；变压器匝比 (n) 为 4.75。 根据式(1)，可以得到 LPC 的分压比最大值为：

$$\frac{R_1+R_2}{R_2} < \frac{0.83\cdot(\frac{V_{IN.MIN}}{n}+V_{OUT})}{\frac{2\cdot V_O}{40}+0.3} = 30.4$$

根据式(2)，可以得到 LPC 的分压比最大值为：

$$\frac{R_1+R_2}{R_2} > \frac{(\frac{V_{IN.MAX}}{n}+V_{OUT})}{4} = 24.4$$

因此，LPC 分压比应该在 24.4 和 30.4 之间。 考虑到公差，LPC 分压比选为 26.38，LPC 引脚的电阻值 R_1= 330 kΩ，R_2= 13 kΩ。

假设 LPC 和 RES 间的分压比 (K) 为 5.32，则 RES 比为：

$$RES\ ratio = \frac{LPC\ ratio}{K} = \frac{26.38}{5.32} = 4.96$$

此外，RES 比 = 4.96 应该满足公式(3)：

$$1 < \frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot V_{OUT} = \frac{19}{4.96} = 3.8 < 4$$

因此，R_3和R_4分别选为 36 kΩ 和 9.1 kΩ。

VDD 部分

输出电压 (V_O) 可以用作 FAN6204 的 V_{DD}，同时 V_O需控制在 5 V 与 24 V 之间。如果 V_O未能控制在这个范围，则可以使用变压器的一个额外绕组给 V_{DD}供能。 图 5给出了简易电路图。 为了阻止 V_{DD}电源电压的变化，可以使用稳压器或电压钳位元件，比如齐纳二极管，将 V_{DD}电压钳位在适当的范围。

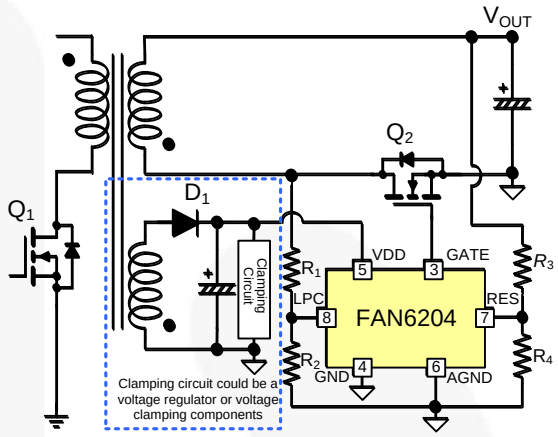

图 5. V_{DD}电源附加绕组的简易电路

印刷电路板布局

图 6给出了 FAN6204 在某一转换器中的原理图。 良好的 PCB 布局可以提高电源系统效率、最大限度抑制 EMI，并且防止电源在浪涌/静电释放试验中的损坏。

IC 侧：

- LPC 和 RES 引脚的参考地直接连接到 IC 的 AGND。 （轨迹 1）
- IC 的 GND 和 AGND 引脚应该通过一条**短粗的布线**或者**较宽区域的布线**连在一起。（轨迹 1和轨迹 2）
- VDD 的参考地应该连接到**IC 的这个接地区域**，然后 VDD 的参考地连接到 C_{OUT}的地。 （轨迹 3）
- LPC 和 RES 的布线应该**远离磁性元件。**

系统侧：

- 由于轨迹 4是次级侧的功率环路，因此**越短**越好。
- 在次级端，Y-CAP 应该通过一条粗线连接到 **COUT**的地。（轨迹 5）

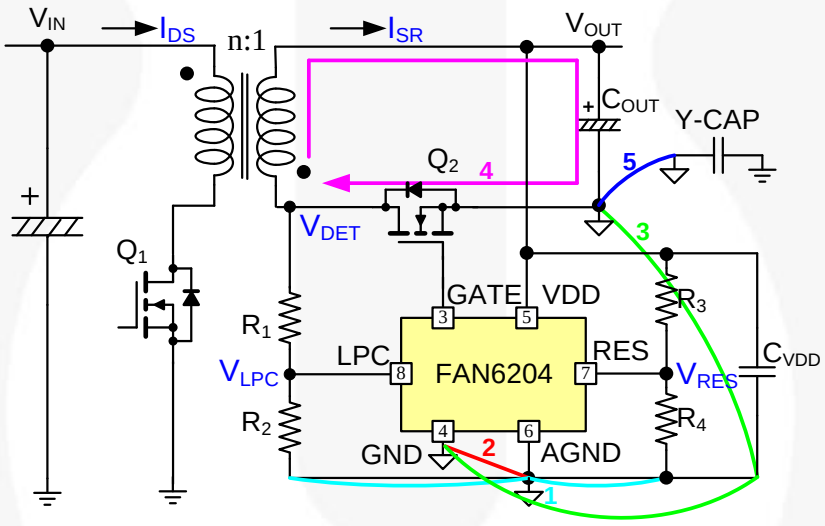

图 6. 布局思路

设计范例

本节给出了采用 FAN6921 时 90 W（19 V/4.74 A）适配器的设计实例。 PFC 输出电压在低输入交流电压时为 250 V，在高输入交流电压时为 400 V。 根据技术规格，所有的关键元件都经过了处理，并且给出了最终的测量结果。

表 1. 系统指标

输入	
输入电压范围	90~264 V_{AC}
电源频率范围	47~63 Hz
输出	
输出电压（V_o）	19 V
输出功率（P_o）	90 W

表 2中总结了关键参数。

表 2. 关键系统参数

PFC电路	
PFC 输出电压电平 1（*PFCVo1*）	250 V
PFC 输出电压电平 2（*PFCVo2*）	400 V
PFC 电感（L_b）	**385 μH**
PFC 电感匝数（N_b）	**60 T**
辅助绕组匝数（N_{AUX}）	8 T
最小开关频率（$f_{s,min,PFC}$）	55 kHz
PWM电路	
PWM 变压器初级电感匝数（N_P）	41 T
PWM 变压器辅助绕组匝数（N_{AUX}）	6 T
PWM 变压器的匝比（*n*）	6.8
初级电感（L_P）	700 μH
最小开关频率（$f_{s,min,PWM}$）	52 kHz

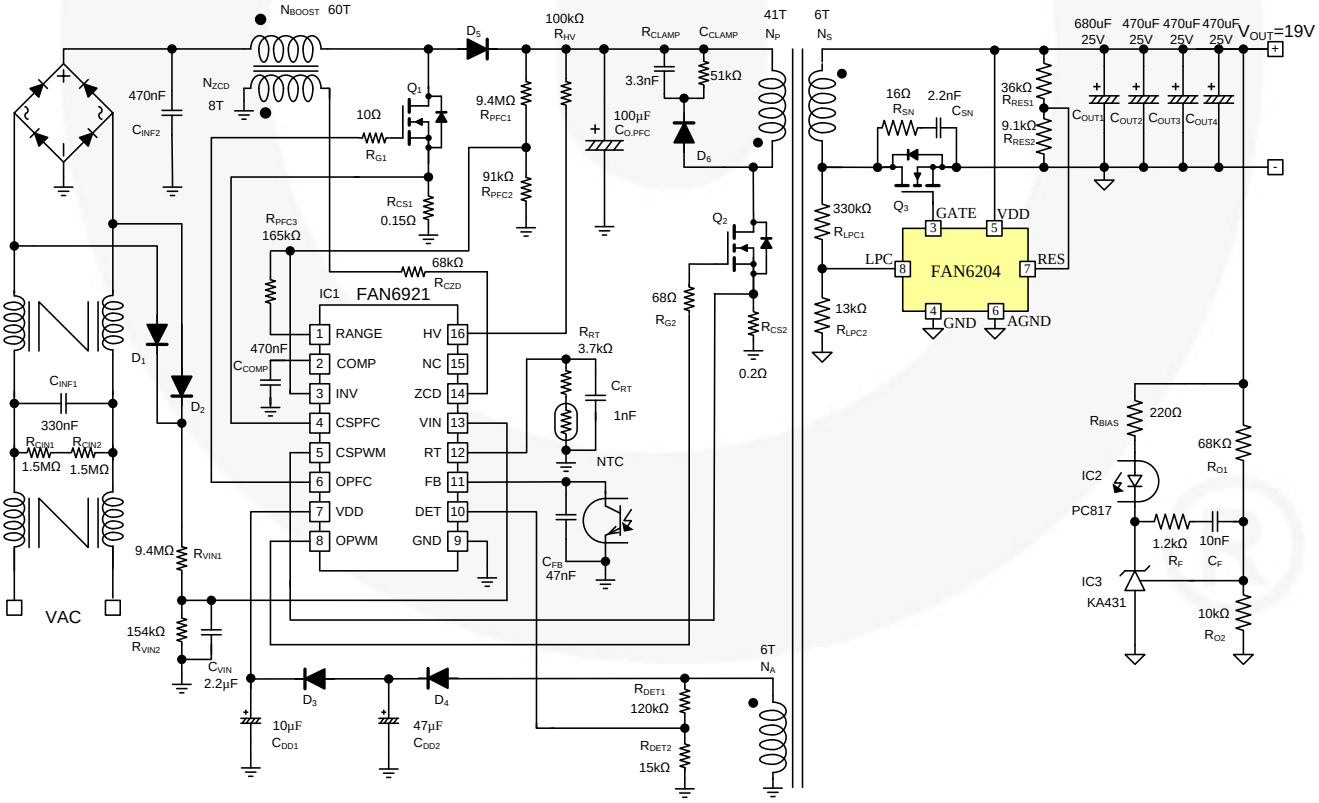

图 7. 完整电路图

表 3. 材料单

部件	数值	备注	部件	数值	备注
电阻			C_{RT}	1 nF	
R_{PFC1}	9.4 MΩ	1/4 W	C_{FB}	47 F	
R_{PFC2}	91 kΩ	1/8 W	C_{CLAMP}	3.3 nF	
R_{PFC3}	165 kΩ	1/8 W	$C_{O.PFC}$	100 µF	450 V
R_{VIN1}	9.4 MΩ	1/4 W	C_{SN}	2.2 nF	
R_{VIN2}	154 kΩ	1/8 W	C_F	10 nF	
R_{ZCD}	68 kΩ	1/4 W	C_{OUT1}	680 µF	25 V
R_{HV}	100 kΩ	1/2 W	C_{OUT2}	470 µF	25 V
R_{CLAMP}	51 kΩ	1/4 W	C_{OUT3}	470 µF	25 V
R_{RT}	3.7 kΩ	1/8 W	C_{OUT4}	470 µF	25 V
R_{CS1}	0.15 Ω	1 W	**二极管**		
R_{CS2}	0.2 Ω	2 W	D_1	S1J	
R_{G1}	10 Ω	1/4 W	D_2	S1J	
R_{G2}	68 Ω	1/4 W	D_3	1N4148	
R_{DET1}	120 kΩ	1/4 W	D_4	1N4935	
R_{DET2}	15 kΩ	1/8 W	D_5	EGP30J	
R_{CIN1}	1.5 MΩ	1/4 W	D_6	RGP10M	
R_{CIN2}	1.5 MΩ	1/4 W	**MOSFET**		
R_{LPC1}	330 kΩ	1/8 W	Q_1	FCPF11N60	
R_{LPC2}	13 kΩ	1/8 W	Q_2	FDPF15N65	
R_{RES1}	36 kΩ	1/8 W	Q_3	FDP090N10	
R_{RES2}	9.1 kΩ	1/8 W	**IC**		
R_{SN}	16 Ω	1/2 W	IC_1	FAN6921MR	
R_{O1}	68 kΩ	1/8 W	IC_2	FOD817A	
R_{O2}	10 kΩ	1/8 W	IC_3	KA431	
R_{BIAS}	200 Ω	1/4 W	IC_4	FAN6204	
R_F	1.2 kΩ	1/8 W			
电容					
C_{INF1}	330 nF	XCAP			
C_{INF2}	470 nF				
C_{VIN}	2.2 µF				
C_{COMP}	470 nF				
C_{DD1}	10 µF	50 V			
C_{DD2}	47 µF	50 V			

图 8给出了 19 V/90 W 演示板上 100% 负载 (4.74 A) 下的测试波形。 通过线性预测时序控制可以关断 SR 栅极，而且 SR 栅极可以在初级端与次级端 MOSFET 之间设置的一个死区时间。

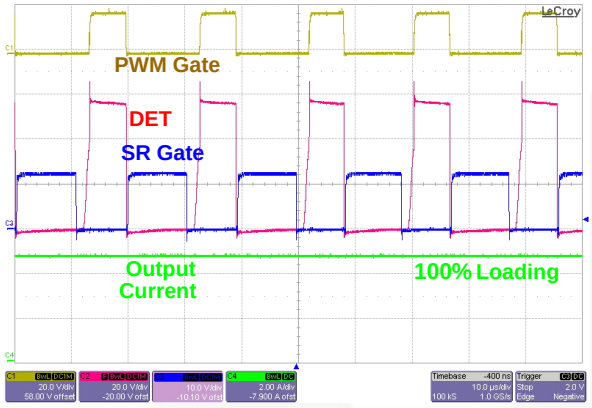

图 8. 100% 负载下的测试波形

图 9给出了在 19 V/90 W 演示板上 25% 负载下的测试波形。 线性预测时序控制可用来关断 SR MOSFET，防止其与 PWM MOSFET 的重叠。

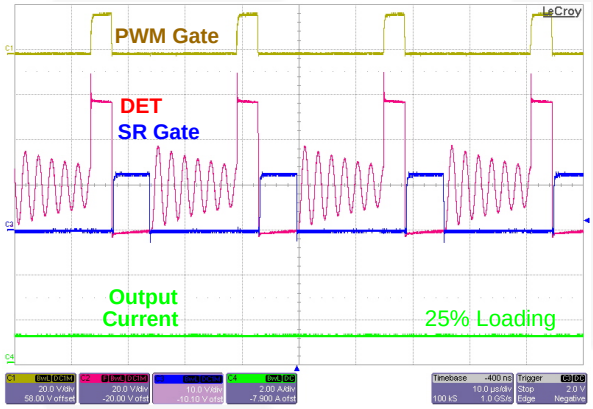

图 9. 25% 负载下的测试波形

图 10和图 11分别给出了负载由轻载到重载、由重载到轻载下的测试波形。 初级端与次级端的 MOSFET 之间没有出现重叠。

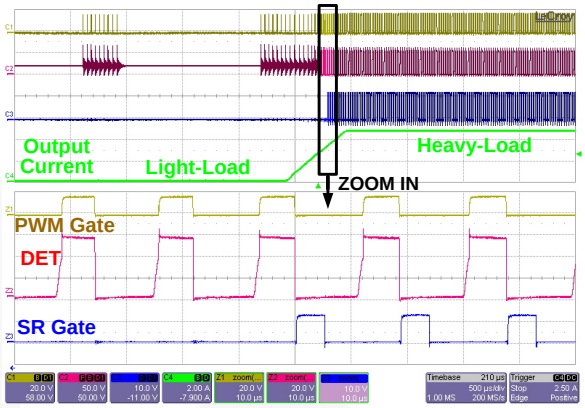

图 10. 负载变化的测试波形（从轻载到重载）

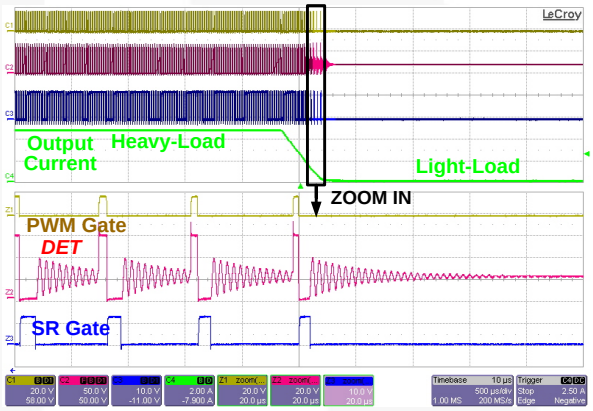

图 11. 负载变化的测试波形（从重载到轻载）

相关数据表

FAN6921MR — 高集成准谐振电流模式 PWM 控制器

FAN6921ML — 高集成准谐振电流模式 PWM 控制器

SG6742MR/ML — 高度集成的绿色模式 PWM 控制器

FAN6754A — 高度集成的绿色模式 PWM 控制器

FAN6204 — 用于反激和正向续流整流的同步整流控制器

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

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**

Order Literature: http://www.onsemi.com/orderlit

For additional information, please contact your local Sales Representative