

國立中山大學 COLLEGE OF ENGINEERING, NSYSU 工學院 聯合專題競賽暨展示

IC設計所
Institute of Integrated Circuit Design



學生 :賴睿耆、洪辰頫

指導教授 : 李宗哲

摘要

本專題提出一款具多段式驅動力調節之1700 V 碳化矽主動式閘極驅動電路，該設計結合 dI/dt 與 dV/dt 暫態雜訊偵測電路，透過主動式開啟與關閉控制邏輯，系統可根據暫態雜訊即時反饋調整輸出級功率緩衝器的導通組合，實現隨週期的驅動力自動調節，藉由調節開關過渡歷程達成更高的電壓變化率並縮短切換時間。所提出的設計採用 TSMC 0.18 μm BCD 製程實現。核心面積為 2445.91 × 2866.54 μm²。在 1700 V 量測條件下，導通電流達到 8 A、關斷電流達到 10 A，過衝電流被抑制至約 5 A。經驅動力調節後，能確保切速度足夠的同時，將過衝電流抑制於安全電流內。

電路圖及晶片佈局圖

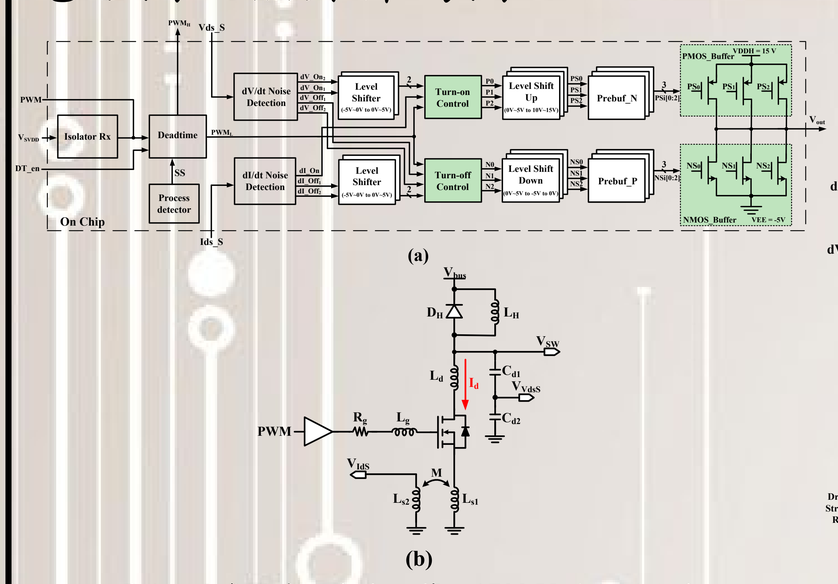


圖 1、具多段式驅動力調節之1700 V 碳化矽主動式閘極驅動電路架構方塊圖與雙脈衝測試電路圖

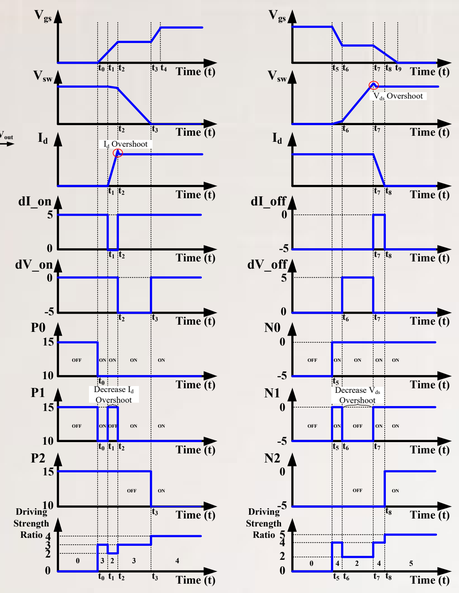


圖 2、閘極驅動器操作波形圖

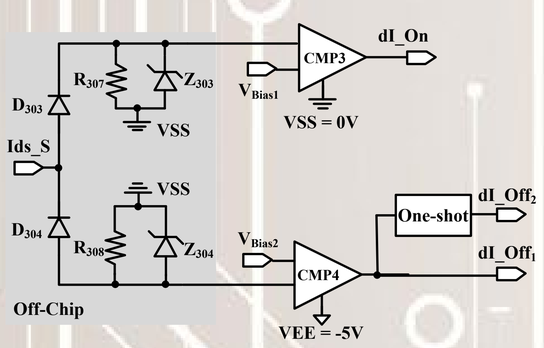


圖 3、dI/dt 偵測電路

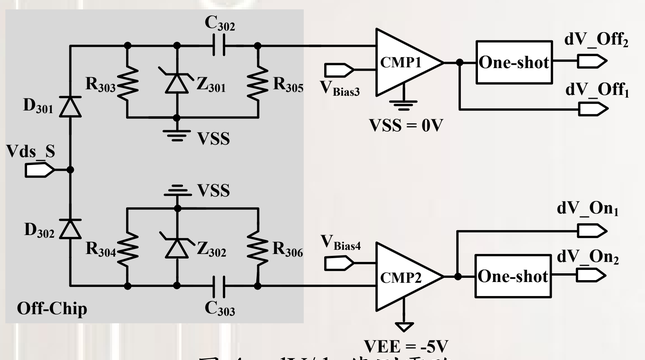


圖 4、dV/dt 偵測電路

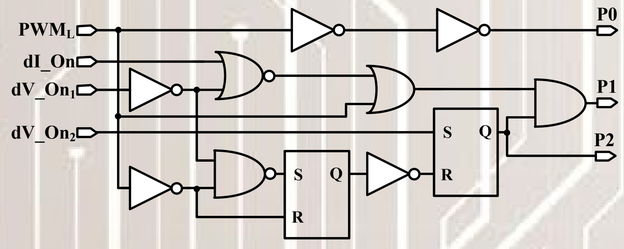


圖 5、導通控制電路

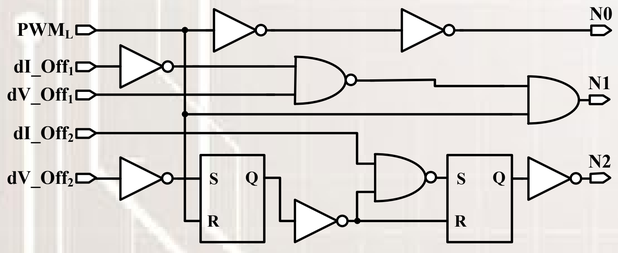


圖 6、關斷控制電路

表1、導通控制狀態表

切換階段	偵測訊號狀態	PMOS控制 (P0, P1, P2)	驅動能力等級
初期導通 (t_1-t_2)	PWM_L : 1 to 0	(0, 0, 1)	中等
dI/dt 發生(t_2-t_3)	dI_On : 0	(0, 1, 1)	最低
米勒平台期 (t_3-t_4)	dV_On_1 : 0	(0, 0, 1)	中等
導通後期 (t_4-t_5)	dV_On_2: pulse	(0, 0, 0)	最大

表2、關斷控制狀態表

切換階段	偵測訊號狀態	PMOS控制 (P0, P1, P2)	驅動能力等級
初期關斷 (t5-t6)	PWML : 1 to 0	(1, 1, 0)	中等
米勒平台期 (t6-t7)	dV_Off1 : 2	(1, 0, 0)	最低
dI/dt 發生 (t7-t8)	dV_Off2 : pulse or dI_off1 : 1	(1, 1, 0)	中等
關斷後期 (t8-t9)	dI_Off2: pulse	(1, 1, 1)	最大

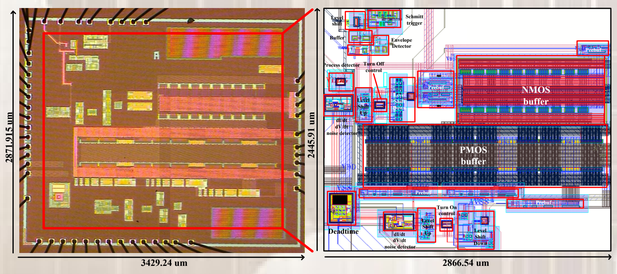


圖 7、晶片佈局圖

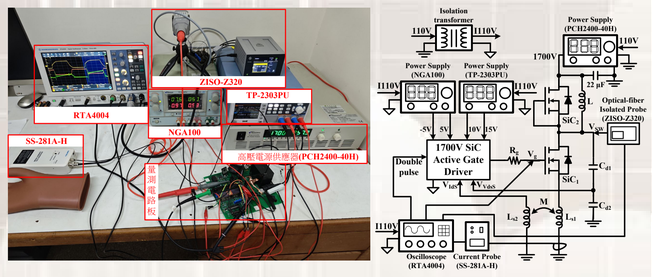


圖 8、量測環境

量測結果及規格比較表

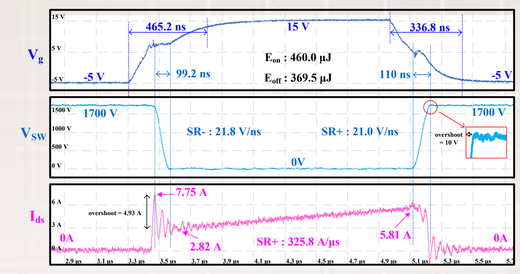


圖9、為雙脈衝頻率為 300 kHz 時量測結果，其中 SR 為 21.8 與21 V/ns，驅動力調節將過衝電流降至約為 5 A，成功限制在安全的電流內。

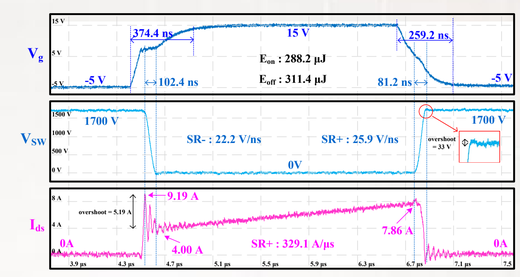


圖10、為雙脈衝頻率為 225 kHz 時量測結果，其中 SR 為 22.2 與25.9 V/ns，驅動力調節將過衝電流降至約為 5.19 A，成功限制在安全的電流內。

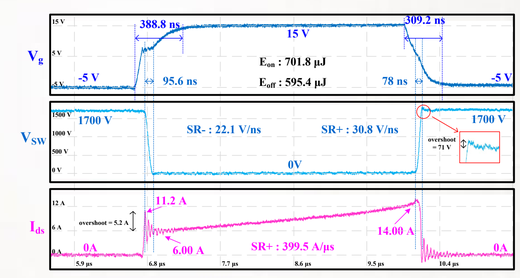


圖11、為雙脈衝頻率為 150 kHz 時量測結果，其中 SR 為 22.1 與30.8 V/ns，驅動力調節將過衝電流降至約為 5.2A，成功限制在安全的電流內。

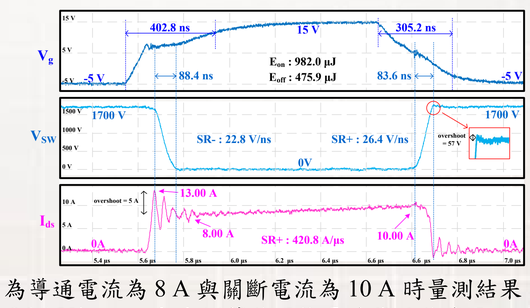


圖12、為導通電流為 8 A 與關斷電流為 10 A 時量測結果，其中 SR 22.8 與 26.4 V/ns，驅動力調節將過衝電流降至約為 5 A，成功限制在安全的電流。

表1、規格比較表

Parameters	[32]	[29]	[30]	[31]	This work
Year	2022	2022	2024	2025	2025
Publication	Appl. Sci.	MWSCAS	TPEL	JSSC	-
Process (um)	GaN	SiC	BCD	BCD	BCD
Result	Meas.	Posim	Meas.	Meas.	Meas.
Power Device	GaN	650V GaN	650V SiC	1200V SiC	1700V SiC
Vbus (V)	200	600	400	600	1700
f_{sw} (kHz)	1000	1000	N.A	100	450
Output Slew Rate (V/ns)	3.7	23	2.4	16.1	22.8
ton (ns)	54.4	*450	*1100	*230	402.8
Id	1	1	40	8	8
Area (mm^2)	5.1	21.5	4.1	10.2	9.52
FoM	73.51	32.610	28.650	2.980	1.299

Note* : Extracted from the simulation plots

編號填寫處 C04