

**ADuM4135 ゲート・ドライバを
Microsemi APTGT75A120T1G 1200 V IGBT モジュールで使用する**

著者：Martin Murnane

はじめに

絶縁型ゲート・バイポーラ・トランジスタ (IGBT) は、オンボード・チャージャ、オフボード・チャージャ、DC/DC 高速チャージャ、スイッチ・モード電源 (SMPS) アプリケーションなどの高電圧アプリケーション向けの費用対効果の高いソリューションです。スイッチング周波数範囲は DC~100kHz です。IGBT は、単一デバイスとすることも、図 1 に示す設計のようにハーフ・ブリッジ・デバイスとすることも可能です。

このアプリケーション・ノートの設計で使用している APTGT75A120 IGBT は、Microsemi Corporation®独自のフィールド・ストップIGBTテクノロジーを採用した高速トレンチ・デバイスです。また、このIGBTデバイスは、テール電流が低く、スイッチング周波数が最大 20kHz で、対称設計のため浮遊インダク

タンスが小さいソフト・リカバリ並列ダイオードも備えています。このIGBTを選択して高度な統合を行うことにより、接合部一ケース間の熱抵抗が低く、高周波で最適な性能を得ることができます。

IGBTは、アナログ・デバイセズのゲート駆動手法によって駆動できます。ADuM4135ゲート・ドライバは、25Vを超える動作電圧 (VDD-VSS間電圧) 時に7A (代表値) のソースおよびシンク電流駆動能力を持つ1チャンネル・デバイスです。このデバイスの最小共通モード過渡耐圧 (CMTI) は100kV/μsで、最大35Vを供給します。したがって、このアプリケーションには、±15V電源が適切です。

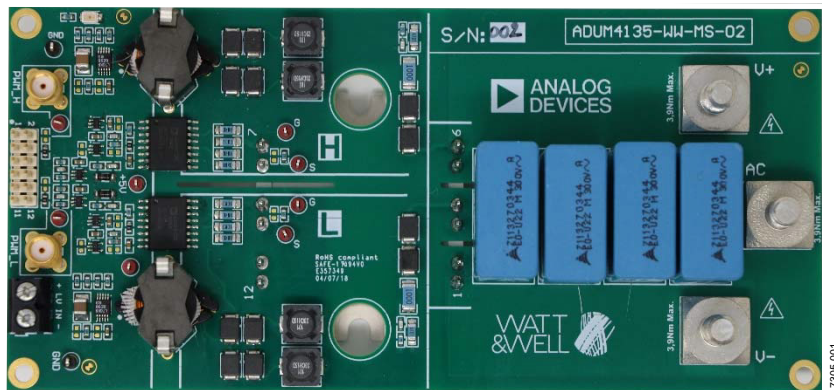


図 1. ADuM4135 ゲート・ドライバ・モジュール

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

Rev. 0

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル 10F
電話 03 (5402) 8200
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F
電話 06 (6350) 6868
名古屋営業所 / 〒451-6038 愛知県名古屋市中区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 38F
電話 052 (569) 6300

目次

はじめに	1	負荷試験で IGBT をオン/オフしたときの性能グラフ	7
改訂履歴	2	高電流試験	8
試験のセットアップ	3	高電流試験で IGBT をオン/オフしたときの性能グラフ	9
電氣的構成	3	非飽和試験	10
テスト結果	4	アプリケーション回路図	11
無負荷試験	4	まとめ	12
IGBT をオン/オフしたときの性能グラフ	5		
負荷試験	6		

改訂履歴

5/2019—Revision 0: Initial Version

試験のセットアップ

電気的構成

システム試験回路の電気的構成を図 2 に示します。DC 電圧がフル・ハーフ・ブリッジの両端の入力に印加されます。入力段には 900 μ F (C1) のデカップリング・コンデンサが付加されています。出力段は、200 μ H (L1) と 50 μ F (C2) のインダクタ・コンデンサ (LC) フィルタ段で、2 Ω ~30 Ω の負荷 (R1) への出力をフィルタ処理します。試験構成の電力部品を表 1 に示します。U1 は HV+ と HV- 用の DC 電源で、T1 と T2 は単一の IGBT モジュールです。

完成した電気的構成を図 3 に示します。試験で使用する機器のリストを表 2 に示します。

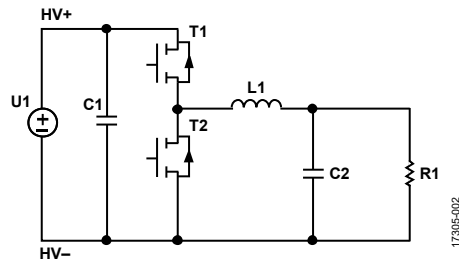


図 2. システム試験回路の電気的構成

表 1. 試験構成の電力部品

Equipment	Value
IGBT Module, T1, T2	APTGT75A120T1G1
U1	200 V to 900 V
Capacitor C1	900 μ F
Inductor L1	200 μ H
Capacitor C2	50 μ F
Load Resistor R1	2 Ω to 30 Ω

表 2. すべてのセットアップ機器

Equipment	Manufacturer	Part Number
Oscilloscope	Agilent	DSO-X 3024A, 200 MHz
DC Supply	Delta Elektronika	SN660-AR-11 (two in serial)
Gate Driver Board	WATT&WELL	ADUM4135-WW-MS-02 SN001
Waveform Generator	Agilent	33522A
Current Probe	Hioki	3275
Current Probe	Hioki	3276
Passive Voltage Probe	Keysight	N2873A, 500 MHz
Passive High Voltage Probe	Elditest	GE3421, 100 MHz
High Voltage Differential Probe	Tektronix	P5200
High Voltage Differential Probe	Testec	TT-SI 9110
Thermal Camera	Optris	PI 160

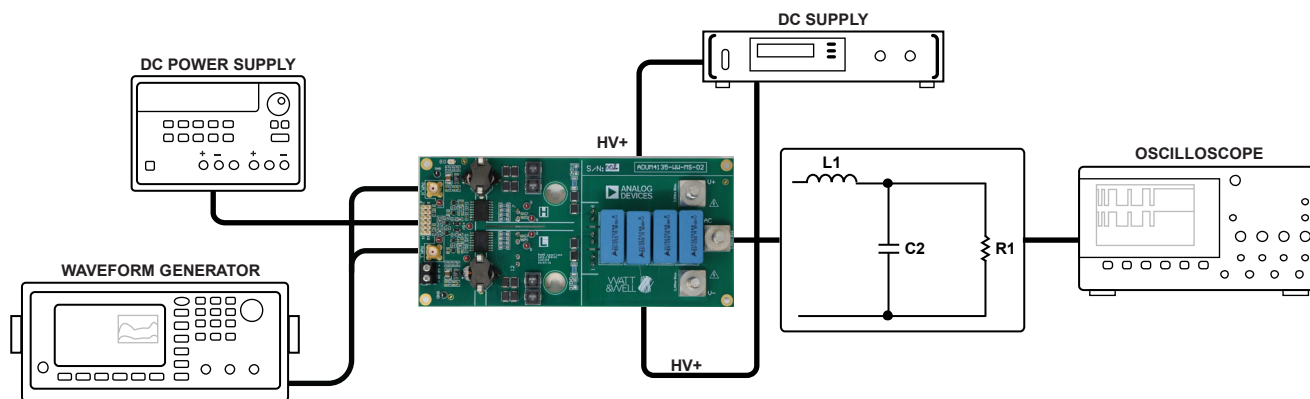


図 3. ゲート・ドライバ電源基板試験用の接続図

テスト結果

無負荷試験

無負荷試験構成では、モジュールの出力に低出力電流が流れません。このアプリケーションでは、 30Ω の抵抗を使用しています。

無負荷時の電氣的試験構成の重要な要素と、負荷内のわずかな電流値を表3に示します。モジュールで観察された温度を表4に示します。表3と表4には、実測された結果をまとめています。様々な電圧とスイッチング周波数におけるスイッチング波形の試験結果を図5～図10に示します。

表3に示すように、試験1および試験2は600Vで実施しています。試験1は10kHzのスイッチング周波数で実施し、試験2は20kHzのスイッチング周波数で実施しています。試験3は、10kHzのスイッチング周波数にて900Vで実施しています。

無負荷試験の電氣的構成を図4に示します。

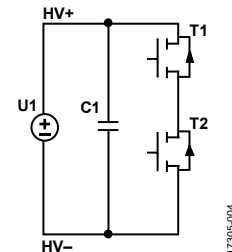


図4. 無負荷試験の電氣的構成

表3. 無負荷試験、図の割り当て

Test	DC Voltage, V_{DC}^1 , (V)	Switching Frequency, f_{sw} , (kHz)	Duty Cycle (%)	I_{IN}^2 (A)	Reference Figures
1	600	10	50	0.007	Figure 5 and Figure 6
2	600	20	50	0.013	Figure 7 and Figure 8
3	900	10	50	0.009	Figure 9 and Figure 10

¹ V_{DC} は HV+ と HV- の電圧。

² I_{IN} は U1 を流れる入力電流。

表4. 無負荷試験、温度のまとめ¹²

Test	V_{DC} (V)	f_{sw} (kHz)	Temperature		DC-to-DC Power Supply Temperature		Gate Driver Temperature	
			Ambient (°C)	Heat Sink (°C)	High-Side (°C) ²	Low-Side (°C) ²	High-Side (°C)	Low-Side (°C)
1	600	10	26	30.8	34	34	38.2	37.6
2	600	20	26	31	35	35	39.5	39.4
3	900	10	26	31	34.2	34.2	38.6	37.7

¹ すべての温度はサーマル・カメラで記録しています。

² トランスで測定。

IGBT をオン/オフしたときの性能グラフ

このセクションの試験結果は、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ および 20kHz の場合の各種電圧でのスイッチング波形を示しています。 V_{DS} は V_{DRAIN} ソースで、 V_{GS} は V_{GATE} ソースです。

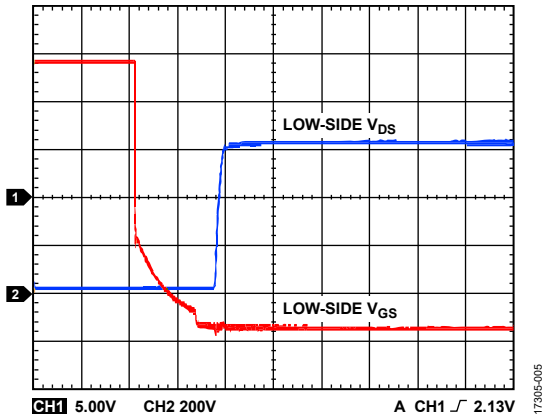


図 5. $V_{DC} = 600\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、無負荷

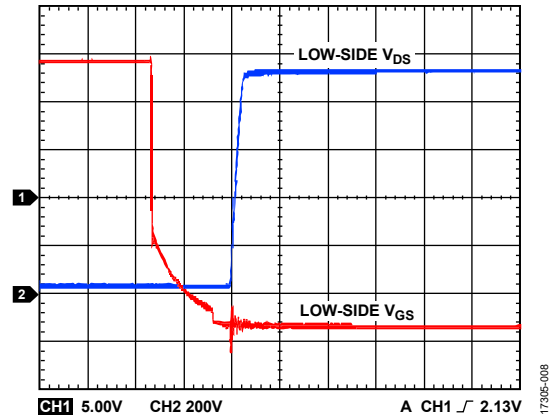


図 8. $V_{DC} = 600\text{V}$ 、 $f_{sw} = 20\text{kHz}$ 、無負荷

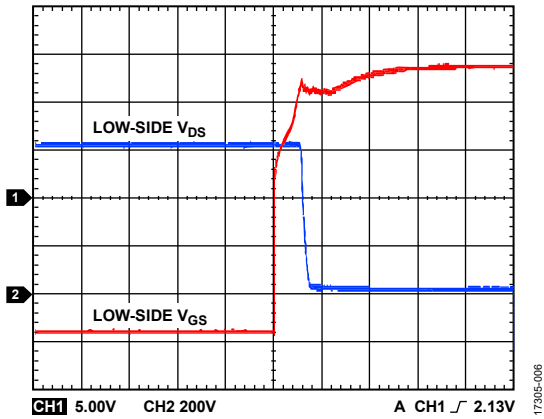


図 6. $V_{DC} = 600\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、無負荷

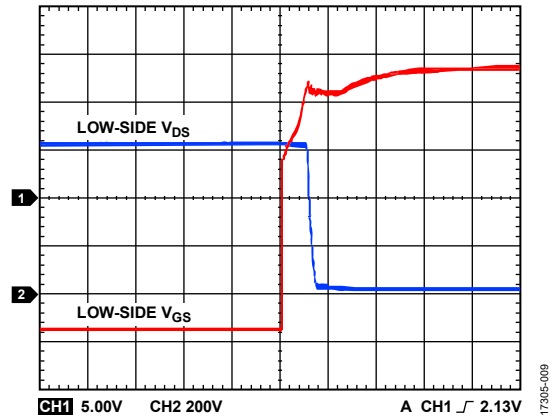


図 9. $V_{DC} = 900\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、無負荷

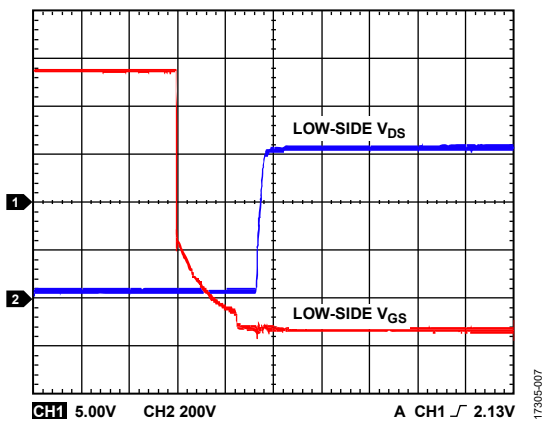


図 7. $V_{DC} = 600\text{V}$ 、 $f_{sw} = 20\text{kHz}$ 、無負荷

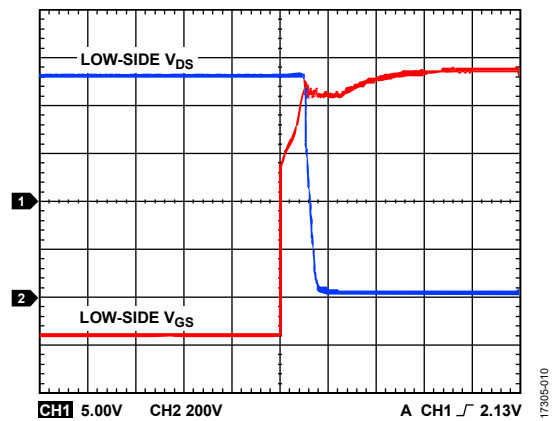


図 10. $V_{DC} = 900\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、無負荷

負荷試験

試験構成は、無負荷試験のセクションにおける無負荷試験の試験構成（図4を参照）と似ています。実測結果を表5にまとめ、様々な電圧、周波数、負荷に対する試験から得られた性能と結果を図11～図16に示します。

試験4は、25%のデューティ・サイクルで、10kHzのスイッチング周波数にて200Vで実施しています。試験5は、25%のデューティ・サイクルで、10kHzのスイッチング周波数にて600Vで実施しています。試験6は、25%のデューティ・サイクルで、10kHzのスイッチング周波数にて900Vで実施しています。

表5. 負荷試験

Test	V _{DC} (V)	f _{sw} (kHz)	Duty Cycle (%)	I _{OUT} ¹ (A)	V _{OUT} ² (V)	P _{OUT} ³ (W)	I _{IN} (A)	Reference Figures
4	200	10	25	1.8	49.3	90.2	0.55	Figure 11 and Figure 13
5	600	10	25	5.4	146.5	791.1	1.62	Figure 12 and Figure 14
6	900	10	25	7.8	214	1669.2	2.5	Figure 15 and Figure 16

¹ I_{OUT}は負荷抵抗 R1 の出力電流。

² V_{OUT}は R1 に印加される出力電圧。

³ P_{OUT}は出力電力 (I_{OUT} × V_{OUT})。

負荷試験で IGBT をオン/オフしたときの性能グラフ

このセクションの試験結果は、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ および 20kHz の場合の各種電圧でのスイッチング波形を示しています。

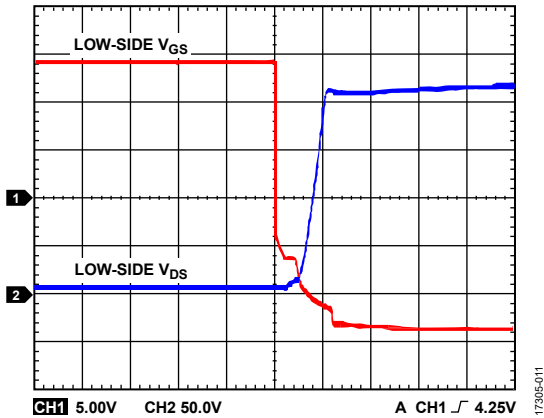


図 11. $V_{DC} = 200\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 90.2\text{W}$

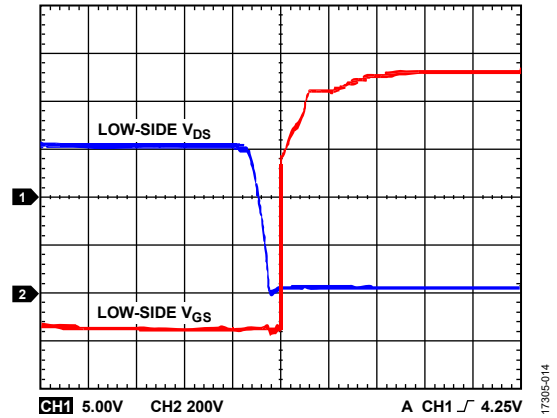


図 14. $V_{DC} = 600\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 791.1\text{W}$

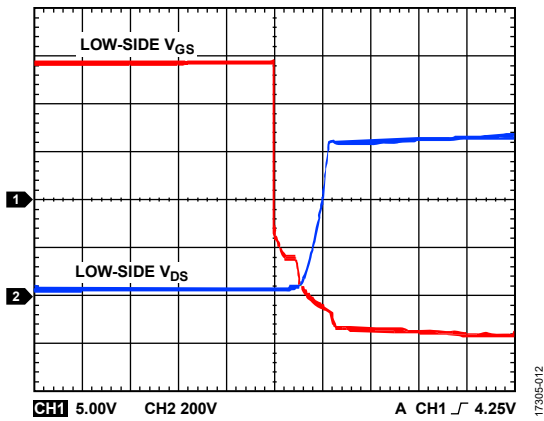


図 12. $V_{DC} = 600\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 791.1\text{W}$

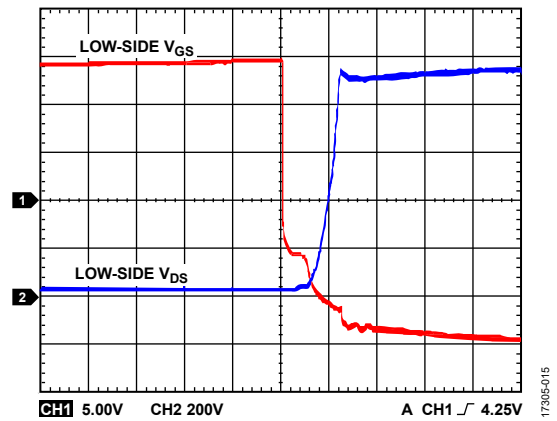


図 15. $V_{DC} = 900\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 1669.2\text{W}$

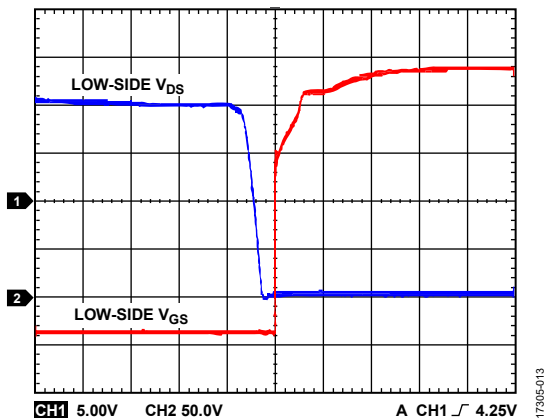


図 13. $V_{DC} = 200\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 90.2\text{W}$

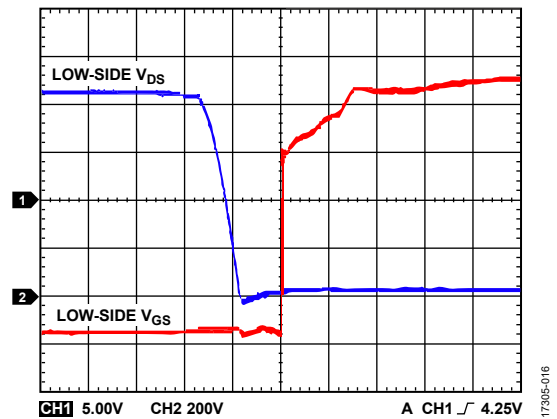


図 16. $V_{DC} = 900\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 1669.2\text{W}$

高電流試験

試験構成は図 3 に示した具体的な構成と似ています。実測結果を表 6 にまとめ、様々な電圧、周波数、負荷に対する試験から得られた性能と結果を図 17～図 20 に示します。

出力負荷抵抗は試験ごとに異なります。表 1 に示すように、 2Ω と 30Ω の負荷を使って電流を変化させています。 V_{OUT} は R1 の両端の電圧を測定したものです。

試験 7 は、25% のデューティ・サイクルで、10kHz のスイッチング周波数にて 300V で実施しています。試験 8 は、25% のデューティ・サイクルで、10kHz のスイッチング周波数にて 400V で実施しています。

表 6. 高電流試験

Test	V_{DC} (V)	f_{SW} (kHz)	Duty Cycle (%)	I_{OUT} (A)	V_{OUT} (V)	P_{IN}^1 (W)	I_{IN} (A)	Reference Figures
7	300	10	25	19.6	68.7	1346.3	5	Figure 17 and Figure 19
8	400	10	25	25.8	91.7	2365.9	6.6	Figure 18 and Figure 20

¹ P_{IN} は入力電力 ($I_{IN} \times V_{IN}$) で、 V_{IN} は DC 電源です。

高電流試験で IGBT をオン/オフしたときの性能グラフ

このセクションの試験結果は、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ および 20kHz の場合の各種電圧でのスイッチング波形を示しています。

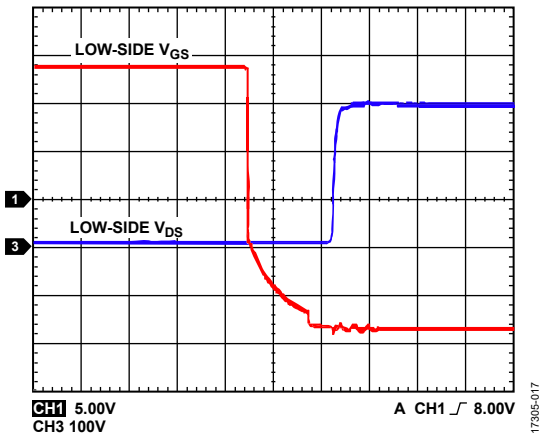


図 17. $V_{DC} = 300\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 1346.3\text{W}$

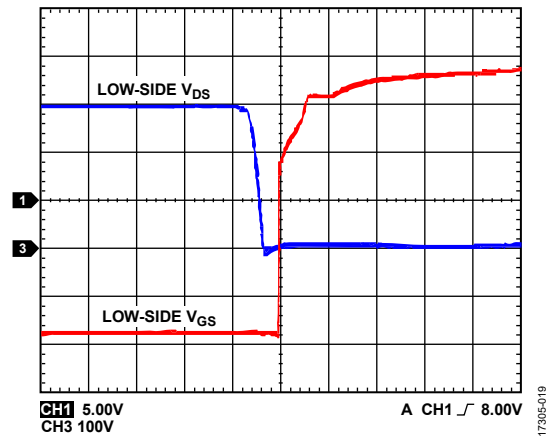


図 19. $V_{DC} = 300\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 1346.3\text{W}$

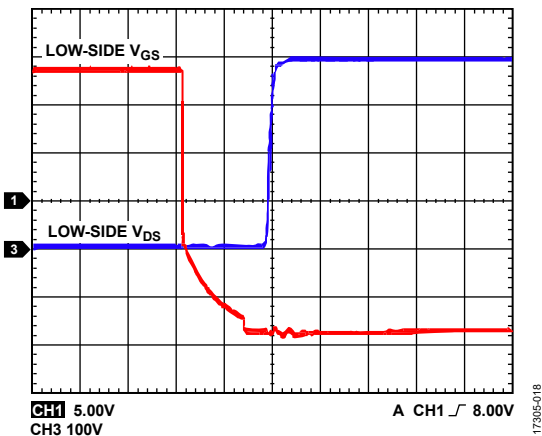


図 18. $V_{DC} = 400\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 2365.9\text{W}$

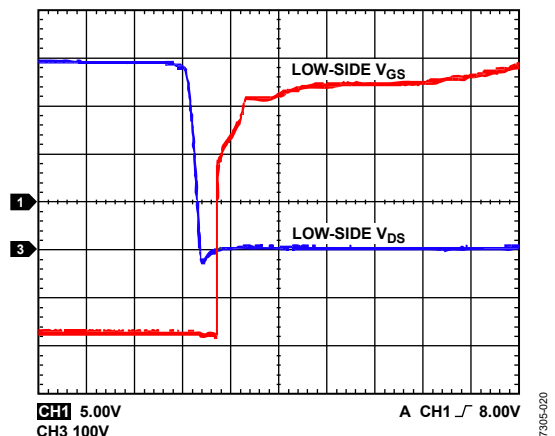


図 20. $V_{DC} = 400\text{V}$ 、 $f_{sw} = 10\text{kHz}$ 、 $P_{OUT} = 2365.9\text{W}$

非飽和試験

システム試験回路の電気的構成を図 21 に示します。DC 電圧がフル・ハーフ・ブリッジ両端の入力に印加されます。入力段には 900 μ F のデカップリング・コンデンサが付加されています。この設定は非飽和検出の試験に使用されます。このアプリケーションでは、最大 $I_c = 150A$ で、 I_c は T1 と T2 を流れる電流です。

IGBT のハイサイド・スイッチ (T1) は 83 μ H のインダクタでバイパスされており、T1 スイッチはオフになっている必要があります。

IGBT のローサイド・スイッチ (T2) は 500ms ごとに 50 μ s 間駆動されます。

非飽和試験構成のための電力部品の一覧を表 7 に示します。

インダクタ L1 における 135A でのスイッチング・イベントを図 22 に示し、インダクタ L1 における 139A での非飽和検出を図 23 に示します。

表 7. 非飽和試験のための電力部品の試験構成

Equipment	Value
U1	0 V to 80 V
C1	900 μ F
L1	83 μ H

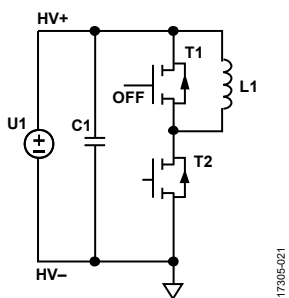


図 21. システム試験回路の電気的構成

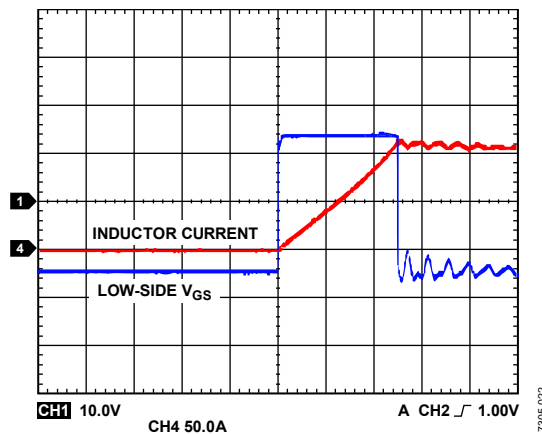


図 22. $V_{DC} < 68V$ 、 $f_{SW} = 2Hz$ 、デューティ・サイクル = 0.01%

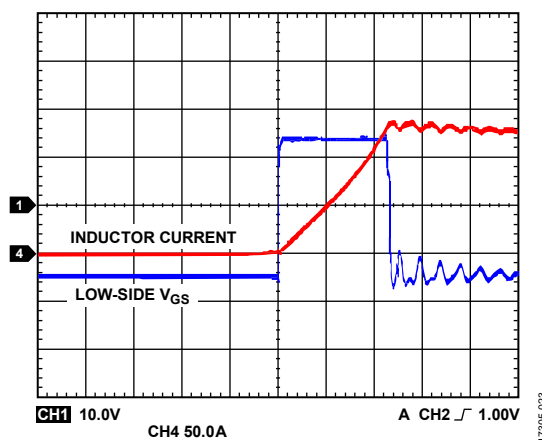
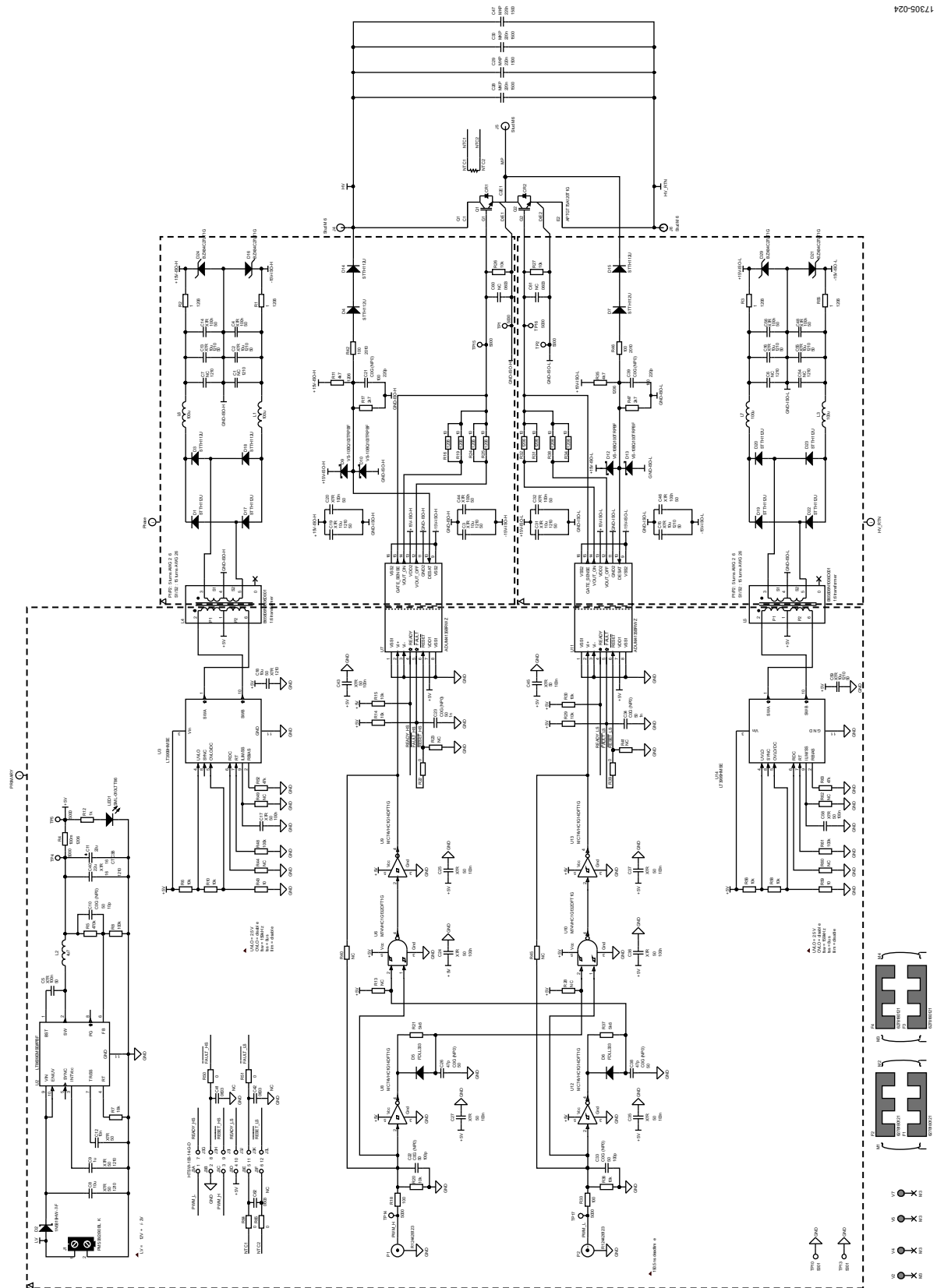


図 23. $V_{DC} > 68V$ 、 $f_{SW} = 2Hz$ 、デューティ・サイクル = 0.01%

アプリケーション回路図



17305-024

まとめ

ADuM4135 ゲート・ドライバは電流駆動能力、適切な電源範囲、 $100\text{kV}/\mu\text{s}$ の強力な CMTI 能力を備え、IGBT の駆動に最適な性能を発揮します。

このアプリケーション・ノートの試験結果は、ADuM4135 評価用ボードが、IGBT 駆動の高電圧アプリケーション向けソリューションであることを実証するデータを提供するものです。