

適用於光纖通訊之高速雷射二極體驅動電路

陳盟坤、洪進華；王木俊

E-mail: 9223692@mail.dyu.edu.tw

摘要

為了供應人們對於光纖通訊高速寬頻的需求量日益增加，本文提出一個高速的雷射二極體驅動電路，適用於SONET傳輸規格中的STS-18 (OC-18) 的頻段，並使用交流耦合 (AC Coupling) 介面電路技術來連接驅動電路與雷射二極體。本篇論文使用 TSMC 0.35 μm (台積電 0.35微米) 1P4M製程技術設計操作於Data Rate為1.25Gbps的雷射二極體驅動電路。該驅動電路包含三個主要模組區塊：PECL (Positive-Referenced Emitter-Coupled Logic) to CMOS邏輯電路、調變電流產生電路 (Modulation Current Generation Circuit)、以及偏壓電流產生電路 (Bias Current Generation Circuit)。我們討論使用交流耦合 (AC Coupling) 介面電路來解決Headroom的問題和傳輸歸零碼(Return-to-Zero; RZ) 對光纖通訊的優點。

關鍵詞：光纖通訊；雷射二極體驅動電路；交流耦合

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v
要.....	v	誌謝.....	vi	目錄.....	vii
目錄.....	x	表目錄.....	xiii	第一章 緒論.....	1
概況.....	1	1.1 光纖通訊基本原理簡介.....	2	1.2 光纖通訊基本原理解.....	4
1.1 光纖通訊基本原理解.....	7	1.2 光纖通訊基本原理解.....	10	1.3 光源.....	4
1.2 光纖通訊基本原理解.....	7	1.3 光源.....	10	1.4 光纖.....	4
1.3 光源.....	7	1.4 光纖.....	10	1.5 研究動機.....	10
1.4 光纖.....	7	1.5 研究動機.....	10	第二章 雷射二極體與光二極體.....	12
1.5 研究動機.....	7	2.1 發光元件.....	12	2.1 發光元件.....	12
2.1 發光元件.....	12	2.1.1 發光二極體.....	12	2.1.1 發光二極體.....	12
2.1.1 發光二極體.....	12	2.1.2 雷射二極體.....	12	2.1.2 雷射二極體.....	12
2.1.2 雷射二極體.....	12	2.2 光偵檢元件.....	16	2.2.1 光二極體.....	17
2.2 光偵檢元件.....	12	2.2.1 光二極體.....	16	2.2.2 光電晶體.....	17
2.2.1 光二極體.....	12	2.2.2 光電晶體.....	16	2.2.2 光電晶體.....	17
2.2.2 光電晶體.....	12	第三章 光纖通訊架構.....	19	第三章 光纖通訊架構.....	19
2.2.2 光電晶體.....	12	3.1 光纖通訊架構簡介.....	19	3.1 光纖通訊架構簡介.....	19
3.1 光纖通訊架構簡介.....	18	3.2 調變系統.....	21	3.2 調變系統.....	21
3.2 調變系統.....	18	3.2.1 曼徹斯特編碼.....	24	3.2.1 曼徹斯特編碼.....	24
3.2.1 曼徹斯特編碼.....	18	3.2.2 差動式曼徹斯特編碼.....	24	3.2.2 差動式曼徹斯特編碼.....	24
3.2.2 差動式曼徹斯特編碼.....	18	3.3 光發射端.....	27	3.3.1 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	27
3.3 光發射端.....	21	3.3.1 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	27	3.3.2 調變電流產生器.....	29
3.3.1 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	21	3.3.2 調變電流產生器.....	27	3.3.3 偏壓電流產生器.....	33
3.3.2 調變電流產生器.....	21	3.3.3 偏壓電流產生器.....	27	3.3.4 Eye diagram.....	37
3.3.3 偏壓電流產生器.....	21	3.4 光放大器.....	38	3.4 光放大器.....	37
3.3.4 Eye diagram.....	21	3.5 光接收端.....	39	3.5.1 前級放大器.....	40
3.4 光放大器.....	25	3.5.1 前級放大器.....	39	3.5.2 後級放大器.....	41
3.4.1 前級放大器.....	25	3.5.2 後級放大器.....	39	第四章 1.25Gbps雷射二極體驅動電路.....	42
3.5.1 前級放大器.....	25	第四章 1.25Gbps雷射二極體驅動電路.....	41	4.1 雷射二極體驅動電路架構.....	42
3.5.2 後級放大器.....	25	4.1 雷射二極體驅動電路架構.....	41	4.2 1.25Gbps雷射二極體驅動電路.....	43
4.1 雷射二極體驅動電路架構.....	25	4.2 1.25Gbps雷射二極體驅動電路.....	42	4.2.1 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	44
4.2 1.25Gbps雷射二極體驅動電路.....	25	4.2.1 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	42	4.2.2 緩衝電路.....	46
4.2.1 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	25	4.2.2 緩衝電路.....	42	4.2.3 調變電流產生器.....	48
4.2.2 緩衝電路.....	25	4.2.3 調變電流產生器.....	42	4.2.4 偏壓電流產生器.....	52
4.2.3 調變電流產生器.....	25	4.3量測考量.....	56	4.3量測考量.....	52
4.2.4 偏壓電流產生器.....	25	4.4介面規格.....	58	4.4介面規格.....	56
4.3量測考量.....	25	第五章 討論與結論.....	60	第五章 討論與結論.....	58
4.3.1 量測考量.....	25	5.1 架構改進考量.....	61	5.1 架構改進考量.....	60
4.3.2 量測考量.....	25	5.2 功率消耗.....	63	5.2 功率消耗.....	60
4.3.3 量測考量.....	25	5.3 結論.....	65	5.3 結論.....	60
4.3.4 量測考量.....	25	參考文獻.....	67	參考文獻.....	65
4.3.5 量測考量.....	25	圖目錄 圖1.1 光纖通訊系統的架構.....	3	圖目錄 圖1.1 光纖通訊系統的架構.....	3
4.3.5 量測考量.....	25	圖1.2 1310nm雷射二極體及光二極體模型[2-3].....	7	圖1.2 1310nm雷射二極體及光二極體模型[2-3].....	3
4.3.5 量測考量.....	25	圖1.3 光纖和光傳輸過程[4].....	8	圖1.3 光纖和光傳輸過程[4].....	3
4.3.5 量測考量.....	25	圖2.1 雷射二極體輸入電流與光輸出功率的特性曲線圖[6].....	14	圖2.1 雷射二極體輸入電流與光輸出功率的特性曲線圖[6].....	8
4.3.5 量測考量.....	25	圖2.2 隨著二極體的溫度上升而增加的特性圖[6].....	15	圖2.2 隨著二極體的溫度上升而增加的特性圖[6].....	8
4.3.5 量測考量.....	25	圖2.3 光電晶體電路符號及等效電路圖[10].....	18	圖2.3 光電晶體電路符號及等效電路圖[10].....	8
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.1 光纖通訊架構.....	20	圖3.1 光纖通訊架構.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.2 歸零碼的訊號圖[4].....	22	圖3.2 歸零碼的訊號圖[4].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.3 不歸零碼的訊號圖[4].....	22	圖3.3 不歸零碼的訊號圖[4].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.4 數位二進位資料.....	24	圖3.4 數位二進位資料.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.5 曼徹斯特編碼.....	25	圖3.5 曼徹斯特編碼.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.6 差動式曼徹斯特編碼.....	26	圖3.6 差動式曼徹斯特編碼.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.7 PECL Signal.....	28	圖3.7 PECL Signal.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.8 Impedance Matching.....	28	圖3.8 Impedance Matching.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.9 CMOS Signal.....	29	圖3.9 CMOS Signal.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.10 雷射驅動電路工作原理[18].....	29	圖3.10 雷射驅動電路工作原理[18].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.11 直流耦合介面線路[12].....	31	圖3.11 直流耦合介面線路[12].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.12 交流耦合介面線路[12].....	32	圖3.12 交流耦合介面線路[12].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.13 交/直流耦合介面電路之雷射電流 (ILD) [12].....	32	圖3.13 交/直流耦合介面電路之雷射電流 (ILD) [12].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.14 Bandgap Voltage Reference[15].....	34	圖3.14 Bandgap Voltage Reference[15].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.15 與溫度無關之電壓概念圖.....	37	圖3.15 與溫度無關之電壓概念圖.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.16 Eye diagram之示意圖.....	38	圖3.16 Eye diagram之示意圖.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖3.17 光接收器電路架構.....	40	圖3.17 光接收器電路架構.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.1 交流耦合(AC Coupling)介面電路.....	43	圖4.1 交流耦合(AC Coupling)介面電路.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.2 PAD Model.....	44	圖4.2 PAD Model.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.3 PECL Signal to PAD的頻率響應圖.....	45	圖4.3 PECL Signal to PAD的頻率響應圖.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.4 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	46	圖4.4 PECL-to-CMOS邏輯電路.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.5 PECL-to-CMOS差動放大器頻率響應.....	46	圖4.5 PECL-to-CMOS差動放大器頻率響應.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.6 緩衝電路.....	47	圖4.6 緩衝電路.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.7緩衝電路輸出電壓out1.....	48	圖4.7緩衝電路輸出電壓out1.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.8緩衝電路輸出電壓out1之Eye diagram.....	48	圖4.8緩衝電路輸出電壓out1之Eye diagram.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.9 雷射與光偵測二極體模型[16-17].....	49	圖4.9 雷射與光偵測二極體模型[16-17].....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.10 雷射二極體與IC連接的寄生元件.....	49	圖4.10 雷射二極體與IC連接的寄生元件.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.11 Modulation Current Generator.....	50	圖4.11 Modulation Current Generator.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.12 Modulation Current Generator輸出電壓out2.....	51	圖4.12 Modulation Current Generator輸出電壓out2.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.13 AC Coupling介面電路頻率響應.....	51	圖4.13 AC Coupling介面電路頻率響應.....	15
4.3.5 量測考量.....	25	圖4.14 Modulation Current Generator輸出電流.....	52	圖4.14 Modulation Current Generator輸出電流.....	15

圖4.15 偏壓電路方塊圖[18].....	53	圖4.16 Bias Current Generator with APC circuit[18].....	53	圖4.17 Laser Driver circuit.....	54
圖4.18 雷射二極體的電流(ILD).....	55	圖4.19 雷射二極體的電流(ILD)之Eye diagram.....	56	圖4.20 Input impedance matching.....	57
圖5.1 差動放大器的增益比.....	62	圖5.2 負載電流鏡差動對的高頻特性.....	63	表目錄	
表1.1 同步光纖通訊網路傳輸速率.....	11	表2.1 發光二極體v. s. 雷射二極體[7-9].....	16	表3.1 不歸零和歸零碼的優缺點	23
表4.1 使用DC coupling介面之驅動電路規格.....	58	表4.2 使用AC coupling介面之驅動電路規格.....	59	表5.1 驅動電路之功率消耗	65

參考文獻

- [1] 光電子學 陳光鑫 林振華 編譯(全華科技圖書) [2] SANway Optoelectronics tech. Corp. “ SANOCOSA —131— LD WB 1310 nm laser diode ” .
- [3] W. M. Wong and H. Ghafouri-Shiraz “ Integrated Semiconductor Laser-transmitter Model For Microwave-optoelectronic Simulation Based On Transmission-line Modeling, ” IEEE Proc-Optoelectron Vol, 146, NO.4, August 1999.
- [4] 董德國、陳萬清編譯, “ 光纖通訊, ” 東華書局, 2000.
- [5] Maxim Integrated Products Inc. “ Interfacing Maxim Laser Driver with Laser diodes, ” Application note: HFAN-2.0.
- [6] Maxim High-Frequency/Fiber Communications Group, “ Interfacing Maxim Laser Driver with Laser Diodes, ” Maxim Integrated Products, Application note: HFAN-2.0, 2000.
- [7] 吳曜東編著, “ 光纖通訊系統原理與應用 ” 全欣科技圖書, 1994.
- [8] 廖得照、黃素真編譯, Donald J. Sterling, Jr.原著, “ 光纖技術手冊(第二版) ” 全華科技圖書股份有限公司, 1995.
- [9] 陳偉傑, “ CMOS 光纖通訊之雷射驅動電路及接收前端整合設計 ” 國立清華大學碩士論文, 2000.
- [10] 林螢光 編著 光電子學-原理、元件與應用 [11] Maxim High-Frequency/Fiber Communications Group, “ Introduction to LVDS, PECL, and CML, ” Maxim Integrated Products, Application note: HFAN-1.0, 2000.
- [12] Maxim Integrated Products Inc. “ Interfacing Maxim Laser Driver with Laser diodes, ” Application note: HFAN-2.0.
- [13] Maxim Integrated Products Inc. “ +3.3V, 2.5Gbps SDH/SONET Laser Driver with Automatic Power Control, ” Maxim Integrated Products, MAX3867, 1998.
- [14] Maxim Integrated Products Inc. “ +3.3V, 622Mbps SDH/SONET Laser Driver with Automatic Power Control, ” Maxim Integrated Products, MAX3667, 2000.
- [15] Chao Hsin Lu, “ 2.5Gbps Optical Transceiver, ” National Central University Master Thesis, 2001 [16] I-Chen Yao, “ Laser Diode Driver, ” National Central University Master Thesis, 2001.
- [17] I-Chen Yao, Chung-Chen Kuo, Wei-Zen Chen and Shyh-Jye Jou “ 1.25 Gb/s Laser Diode Driver, ” Proceedings of 12th VLSI Design/CAD Symposium, Hsinchu, Taiwan, 2001.
- [18] Shao-Sheng Yang, “ Laser Driver for 1.25Gbps, ” National Tsing-Hua University, 2001.
- [19] C. A. Tsai, W. R. Liou, M. L. Yeh, and A. Y. Wu, "Design High Frequency CMOS Laser Driver for Automatic Power Control and Automatic Current Control Architectures," The 12th VLSI Design/CAD Symposium, Hsinchu, R.O. C., 2001.
- [20] Ya-Hui Lin, “ Low Power Laser Diode Driver Circuit Design, ” Da-Yeh University Master Thesis, 2002 [21] Cheng-Sung Chen, “ High-speed Laser Diode Driver Circuit Design , ” Da-Yeh University Master Thesis, 2002