

備受矚目的DC/DC轉換器控制方法 非線性控制的磁滯控制方法

以往，電壓控制和電流控制是DC/DC轉換器的主流控制方法。

近年來，非線性控制的磁滯控制方法備受矚目。

富士通的DC/DC轉換器晶片也採用磁滯控制之一的最小值偵測比較方法，從2005年至今，以消費類產品市場為主，累計銷售1億片以上。

本篇將介紹這種最小值偵測比較方法的特點。

前言

近年來，隨著晶片製程的細微化，晶片核心電壓不斷變低，步入1.0V以下時代，如90nm主流製程為1.2V，45nm製程為0.7V~1.0V。為使核心電壓的精度達到±10%或±100mV以下，供電用DC/DC轉換器的電壓精度要求也非常嚴格。

圖1為核心電壓隨著先進晶片製程的細微化而變化的趨勢。

隨著基準電壓的偏差和溫度特性的變化，DC/DC轉換器的供電電壓精度會發生百分之幾的變動，而這種變動會引起晶片電流的變動即負載變動，負載變動可達百分之幾十。因此，在低電壓、大電流的高階晶片供電中，DC/DC轉換器的暫態回應特性尤為重要。

隨著數位家電和遊戲機等產品性能的不斷提升，採用先進製程的晶片不斷增多，對暫態回應的要求也就更高。因此，在DC/DC轉換器的控制方法中，比廣泛採用的電壓控制和電流控制具有更快速暫態回應特性的磁滯控制方法備受矚目。

最小值偵測比較控制方法

最小值偵測比較方法是將輸出電壓所產生的漣波電壓回饋(FB)到比較器，漣波電壓最小值與基準電壓(Vref)時刻進行比較並進行開關控制，以保持輸出電壓的穩定。富士通將這種方法稱為“最小值偵測比較方法”。

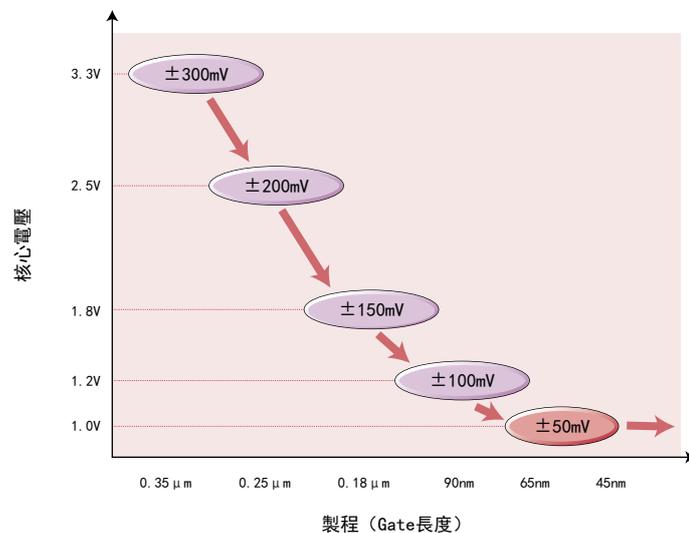
圖2為最小值偵測比較方法方塊圖。

電壓控制和電流控制方法，是透過誤差放大器對輸出電壓回饋與基準電壓的差值進行放大，在差分增益輸出與基於內部時脈的三角波形(Ramp)交點處進行開關控制，以保持輸出電壓的穩定。

圖3為電壓控制模式方塊圖。

最小值偵測比較方法(以下稱為比較方法)與電壓和電流控制方法的最大差異，是採用比較器的逐次開關控制與採用誤差放大器的固定頻率開關控制。

圖1 核心電壓隨著先進晶片製程細微化而變化的趨勢



特點

快速暫態回應特性

比較方法的最大特點是具有快速的暫態回應特性。因此，負載變動而發生的輸出電壓變化可被控制在最小限度。其原因在於輸出電壓回饋控制所花“時間”少。

如上所述，比較方法是在比較器上進行單純比較並進行逐次開關控制的，幾乎沒有回饋控制發生的延遲時間。這種方法根據輸出電壓的變化而改變 OFF 時間，而不是在固定頻率下工作。

圖 4 為比較方法的暫態回應波形。

電壓控制和電流控制方法在如下幾方面，會發生回饋控制的時間延遲。因此，與比較方法相比，負載變動引起的輸出電壓變化較大。

- CR 相位補償電路的參數
- 誤差放大器的頻率特性
- 內部時脈

圖 5 為電壓和電流控制方法的暫態回應波形。

當然，電壓控制和電流控制模式也有若干針對負載變動的解決方案。例如，提升 DC/DC 轉換器的振盪頻率，使開

關時間加快。雖然這種方法是抑制負載變動的簡單而有效的手段，但是加快振盪頻率會使開關損失加大，從而犧牲了

圖2 最小值偵測比較方法方塊圖

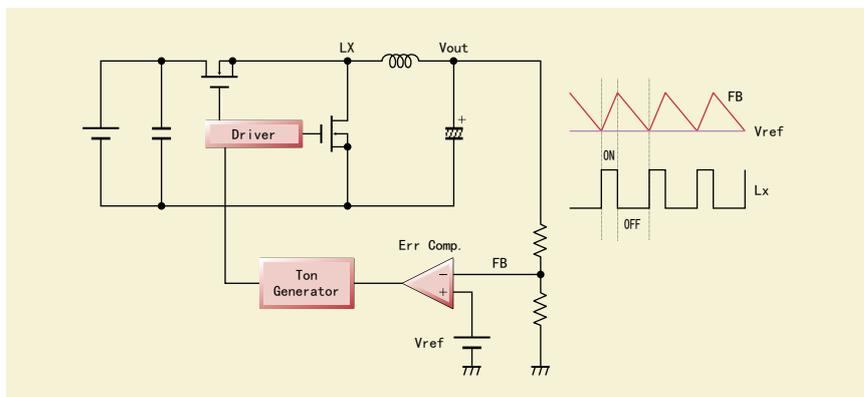


圖3 電壓控制方法方塊圖

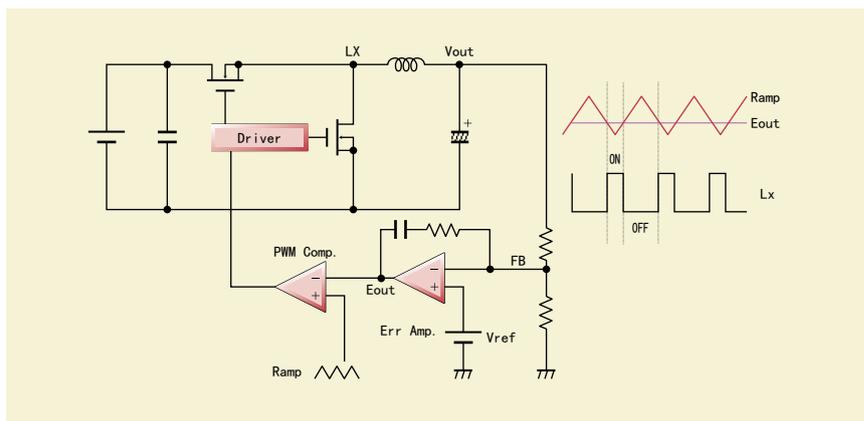
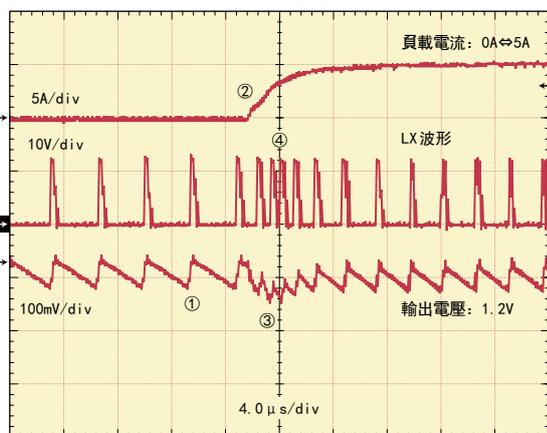
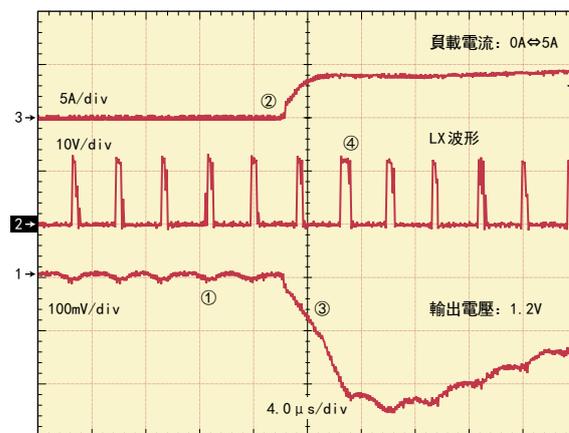


圖4 比較方法的暫態回應波形



- ① 定常狀態：負載電流恆定，輸出電壓穩定
- ② 負載變化：負載電流的急劇增加
- ③ 輸出電壓變動：負載急劇變化導致輸出電壓下沖
- ④ 開關控制：調整 OFF 時間，因應輸出電壓變動透過逐次開關控制恢復輸出電壓

圖5 電壓和電流控制方法的暫態回應波形



- ① 定常狀態：負載電流恆定，輸出電壓穩定
- ② 負載變化：負載電流的急劇增加
- ③ 輸出電壓變動：負載急劇變化導致輸出電壓下沖
- ④ 開關控制：將輸出電壓變動進行回饋，根據內部時脈調整 Onduty，恢復輸出電壓

DC/DC 轉換器重要的轉換效率特性。同時，開關雜訊的影響也會變大。

調整相位補償電路也是一種解決方案，這種方法是透過增大誤差放大器的增益和頻寬（ f_{co} ）改善負載變動特性。但這種方法需要嫺熟的電源設計技術，因此並不容易做到。

另外，還有增設輸出平滑電容的解決方案，但這種方法因電容的設置位置或負載電流遷移時間（電流速率）的影響，有時即使增設大容量電容，效果也不明顯。此外，還須注意，相位補償電路產生的偏差有時會引起 DC/DC 轉換器的輸出振蕩。

由此可見，如果措施得當，電壓和電流控制方法也能在一定程度上改善附應特性，但以附應特性見長的比較方法，則無需採取特別措施就能提供穩定電壓。

省卻相位補償電路

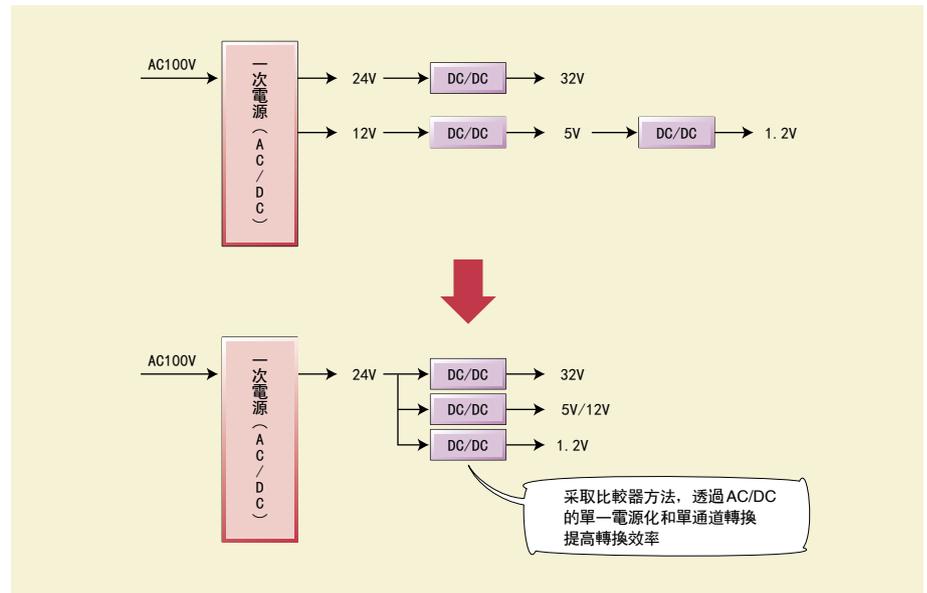
電壓和電流控制方法所需的相位補償電路，是用來調整回饋電路的位相延遲和誤差放大器的增益的。此電路一旦出現調整錯誤，不僅不能得到良好的暫態回應特性，還會使輸出電壓出現振蕩。

比較方法由於未使用誤差放大器，幾乎沒有回饋位相延遲，因此完全不需要相位補償電路。

對此，已經採用比較方法的客戶極為讚賞。如前所述，相位補償電路的設計需要嫺熟的技術和其他關聯知識，這也成為電源設計工程師的煩惱之一。相位補償電路參數調整有時需要特別的量測環境，根據不同的電源規格分別進行調試和調整。參數設置不當可能會導致輸出電壓振蕩，給設備造成損害。針對電壓和電流控制方法，富士通也為客戶提供不同電源規格的最佳相位補償電路參數解決方案，幫助客戶對量產用基板進行相位補償電路特性的量測。

由此可見，比較方法不僅具有快速附應特性，還無需相位補償電路，可以簡化電源設計流程並提升可靠性。

圖6 以往的電源架構與節能低成本架構的比較



準確的ON時間開關控制

比較方法是 ON 時間固定的開關控制。因此，在低電壓輸出等情況下，輸入輸出電壓差值較大時，也能夠準確地控制 ON 脈波，提供穩定的輸出電壓。

由於電壓和電流控制方法是週期固定的 ON 時間控制，因此在輸入輸出電壓差值較大的情況下，開關的 ON 時間變短。但如果 ON 時間過短，甚至不能正常進行開關動作，就會無法維持輸出電壓的穩定性。因此，為了給晶片提供必要的電壓，有時會採取多路 1 次電源輸出，或者增加 2 次、3 次電源。前者使得設備的成本升高，後者增多電力損失無法達到節能效果。

近年來，市場對設備的要求是既要降低成本又要節能，為同時滿足這兩方面的要求，富士通建議客戶在電源電路中採用比較方法的電源晶片。

圖 6 為以往的電源架構與節能低成本架構的比較。

技術難點

比較方法雖然有很多優點，但也有技術方面的問題。例如，為了偵測輸出漣波電壓的最小值，需要做出漣波電壓，為此，輸出電容必須使用具有一定程度 ESR 成分的電容。這個問題將在本期刊行之後面市的新產品 MB39A145 中得到解決，使包括陶瓷電容在內的各種電容等都可以使用。

除此之外，比較方法還存在不同條件下頻率的變化問題，以及在多通道產品中的對稱相位控制、多相位控制等技術問題。對於這些問題，富士通將根據市場需求不斷加以解決。