



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0130205
(43) 공개일자 2010년12월10일

(51) Int. Cl.

H03M 1/50 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7021650

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년03월03일

심사청구일자 2010년09월28일

(85) 번역문제출일자 2010년09월28일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/035908

(87) 국제공개번호 WO 2009/111491

국제공개일자 2009년09월11일

(30) 우선권주장

12/041,403 2008년03월03일 미국(US)

(71) 출원인

켈컴 인코포레이티드

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775

(72) 발명자

선 보

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775

양 쓰샹

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775

(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 고속 시간-디지털 변환기

(57) 요약

시간-디지털 변환기(TDC)가 서브-인버터 지연 리졸루션으로 샘플링할 수 있게 하기 위한 기술들이 개시된다.

일 실시형태에서, TDC 내의 차동 D-Q 플립-플롭에 대한 입력들은 싱글-엔드 신호에 커플링되며, 그 신호의 지연된 및 인버팅된 버전은 그 신호의 시간 보간을 허용한다. 제 1 지연 라인의 부하들과 TDC 내의 상보적인 지연 라인의 부하들을 밸런싱하기 위한 기술들이 추가적으로 개시된다.

대표도

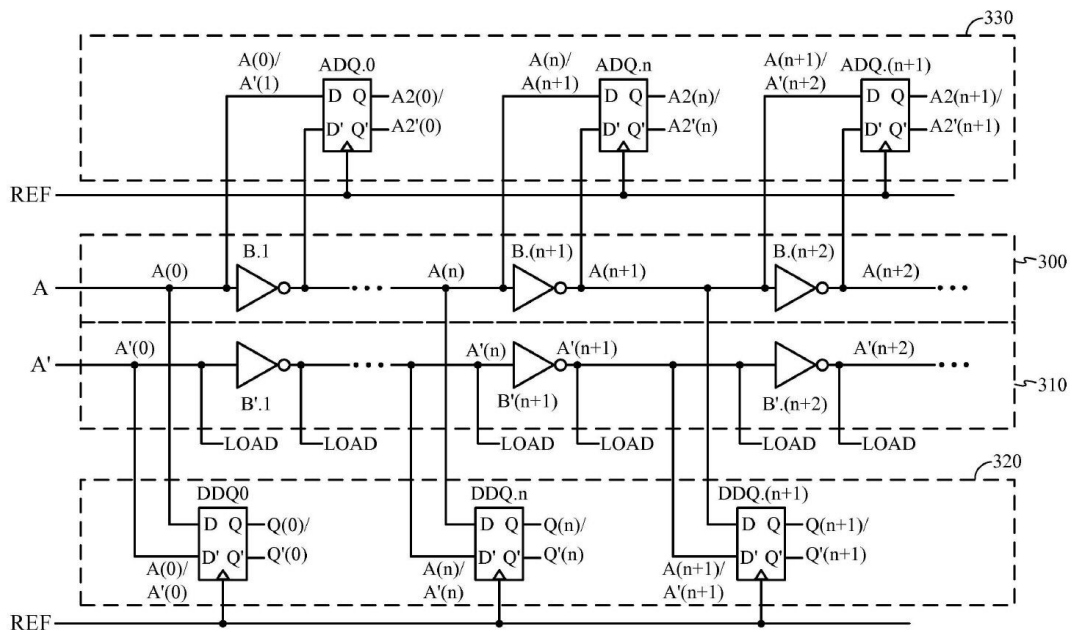


FIG. 3

특허청구의 범위

청구항 1

시간-디지털 변환기 (TDC)로서,

신호 A의 적어도 하나의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하기 위한 지연 라인으로서, 상기 $A(m)$ 은 m 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 상기 지연 라인; 및

일 시간 인스턴트에서 상기 $A(m)$ 과 신호 $B[A(m)]$ 사이의 차이를 샘플링하기 위한 샘플링 메커니즘으로서, 상기 신호 $B[A(m)]$ 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 상기 샘플링 메커니즘을 포함하는, 시간-디지털 변환기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 신호 $B[A(m)]$ 은 신호 $A(m+1)$ 이며,

상기 신호 $A(m+1)$ 은 $m+1$ 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 시간-디지털 변환기.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

각각의 지연 유닛은 유닛 버퍼의 지연에 대응하는, 시간-디지털 변환기.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 유닛 버퍼는 단일 인버터인, 시간-디지털 변환기.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 샘플링 메커니즘은 차동 D-Q 플립-플롭이며,

상기 차동 D-Q 플립-플롭의 입력 D에 신호 $A(n)$ 가 커플링되고, D-Q 플립-플롭의 입력 D' 에 상기 신호 B가 커플링되는, 시간-디지털 변환기.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 차동 D-Q 플립-플롭은 차동 입력 D/D' 의 전압 극성을 샘플링하는, 시간-디지털 변환기.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 지연 라인, 또한, 상기 신호 A의 복수의 지연된 버전들 $A(n)$ 을 생성하고,

상기 샘플링 메커니즘은, 또한, 상기 신호들 $A(n)$ 의 각각 및 대응하는 신호 $B[A(n)]$ 사이의 차이를 샘플링하며,

각각의 $B[A(n)]$ 은 대응하는 $A(n)$ 에 대해 상기 적어도 하나의 지연 유닛만큼 지연되는, 시간-디지털 변환기.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 신호 A에 상보적인 신호 A' 의 복수의 지연된 버전들 $A'(n)$ 을 생성하기 위한 상보적인 지연 라인을 더 포

함하며,

상기 시간-디지털 변환기는, 각각의 신호 $A(n)$ 와 대응하는 신호 $A'(n)$ 사이의 차이를 샘플링하기 위한 복수의 차동 D-Q 플립-플롭들을 더 포함하는, 시간-디지털 변환기.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 상보적인 지연 라인은, 상기 상보적인 지연 라인의 부하와 상기 지연 라인의 부하를 밸런싱하기 위해 적어도 하나의 부하에 커플링되는, 시간-디지털 변환기.

청구항 10

시간 간격을 디지털 표현으로 변환하기 위한 방법으로서,

신호 A의 적어도 하나의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하는 단계로서, 상기 $A(m)$ 은 m 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 상기 생성하는 단계; 및

일 시간 인스턴트에서 상기 $A(m)$ 과 신호 $B[A(m)]$ 사이의 차이를 샘플링하는 단계로서, 상기 신호 $B[A(m)]$ 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 상기 샘플링하는 단계를 포함하는, 변환 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 신호 $B[A(m)]$ 은 신호 $A(m+1)$ 이며,

상기 신호 $A(m+1)$ 은 m+1 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 변환 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

각각의 지연 유닛은 유닛 버퍼의 지연에 대응하는, 변환 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 유닛 버퍼는 단일 인버터인, 변환 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 샘플링하는 단계는 차동 D-Q 플립-플롭에 의해 수행되며,

상기 차동 D-Q 플립-플롭의 입력 D에 신호 $A(n)$ 가 커플링되고, 상기 차동 D-Q 플립-플롭의 입력 D' 에 상기 신호 B가 커플링되는, 변환 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 차동 D-Q 플립-플롭은 차동 입력 D/D' 의 전압 극성을 샘플링하는, 변환 방법.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 신호 A의 복수의 지연된 버전들 $A(n)$ 을 생성하는 단계를 더 포함하며,

상기 샘플링 메커니즘은, 상기 신호들 $A(n)$ 의 각각과 대응하는 신호 $B[A(n)]$ 사이의 차이를 샘플링하는 단계를 더 포함하고,

각각의 신호 $B[A(n)]$ 은 대응하는 $A(n)$ 에 대해 상기 적어도 하나의 지연 유닛만큼 지연되는, 변환 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 신호 A 에 상보적인 신호 A' 의 복수의 지연된 버전들 $A'(n)$ 을 생성하는 단계를 더 포함하며,

상기 변환 방법은, 각각의 신호 $A(n)$ 와 대응하는 신호 $A'(n)$ 사이의 차이를 샘플링하는 단계를 더 포함하는, 변환 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

적어도 하나의 부하를 상기 신호들 $A'(n)$ 을 생성하기 위한 지연 라인에 커플링하여, 상기 지연 라인을 상기 신호들 $A(n)$ 을 생성하기 위한 지연 라인과 밸런싱하는 단계를 더 포함하는, 변환 방법.

청구항 19

시간-디지털 변환기(TDC)로서,

신호 A 의 적어도 하나의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하는 수단으로서, 상기 $A(m)$ 은 m 지연 유닛만큼 상기 신호 A 에 대해 지연되는, 상기 생성하는 수단; 및

일 시간 인스턴트에서 상기 $A(m)$ 과 신호 $B[A(m)]$ 사이의 차이를 샘플링하는 수단으로서, 상기 신호 $B[A(m)]$ 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 상기 신호 A 에 대해 지연되는, 상기 샘플링하는 수단을 포함하는, 시간-디지털 변환기.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 신호 $B[A(m)]$ 은 신호 $A(m+1)$ 이며,

상기 신호 $A(m+1)$ 은 $m+1$ 지연 유닛만큼 상기 신호 A 에 대해 지연되는, 시간-디지털 변환기.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

각각의 지연 유닛은 유닛 버퍼의 지연에 대응하는, 시간-디지털 변환기.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 유닛 버퍼는 단일 인버터인, 시간-디지털 변환기.

청구항 23

제 19 항에 있어서,

상기 차이를 샘플링하는 수단은 D-Q 플립-플롭을 포함하며,

상기 D-Q 플립-플롭의 입력 D 에 신호 $A(n)$ 가 커플링되고, 상기 D-Q 플립-플롭의 입력 D' 에 신호 B 가 커플링되는, 시간-디지털 변환기.

청구항 24

시간 간격을 디지털 표현으로 변환하기 위한, 컴퓨터-판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품으로서,

상기 컴퓨터-판독가능 매체는,

컴퓨터로 하여금, 신호 A 의 적어도 하나의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하게 하기 위한 코드로서, 상기 $A(m)$ 은 m

지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 상기 생성하게 하기 위한 코드; 및

컴퓨터로 하여금, 일 시간 인스턴트에서 상기 A(m) 과 신호 B[A(m)] 사이의 차이를 샘플링하게 하기 위한 코드로서, 상기 신호 B[A(m)] 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되는, 상기 샘플링하게 하기 위한 코드를 포함하는, 컴퓨터-판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 신호 B[A(m)] 은 신호 A(m+1) 이며,

상기 컴퓨터-판독가능 매체는, 상기 신호 A(m+1) 로 하여금 m+1 지연 유닛만큼 상기 신호 A에 대해 지연되게 하기 위한 코드를 더 포함하는, 컴퓨터-판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

각각의 지연 유닛은 유닛 버퍼의 지연에 대응하는, 컴퓨터-판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 27

제 24 항에 있어서,

상기 컴퓨터로 하여금 차이를 샘플링하게 하기 위한 코드는,

상기 샘플링이 차동 D-Q 플립-플롭에 의해 수행되게 하기 위한 코드;

상기 차동 D-Q 플립-플롭의 입력 D에 신호 A(n) 를 커플링하게 하기 위한 코드; 및

상기 차동 D-Q 플립-플롭의 입력 D' 에 상기 신호 B를 커플링하게 하기 위한 코드를 포함하는, 컴퓨터-판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 컴퓨터-판독가능 매체는,

컴퓨터로 하여금, 상기 신호 A의 복수의 지연된 버전들 A(n) 을 생성하게 하기 위한 코드를 더 포함하며,

각각의 B[A(n)] 은 대응하는 A(n) 에 대해 상기 적어도 하나의 지연 유닛만큼 지연되는, 컴퓨터-판독가능 매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 시간-디지털 변환기 (TDC) 의 설계에 관한 것으로, 더 상세하게는, 서브-유닛 지연 리졸루션 (resolution) 을 갖는 TDC의 설계에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 시간-디지털 변환기들은, 2개의 이벤트들 사이에서 경과하는 시간 간격의 디지털 표현을 생성하도록 설계된다. 아날로그-디지털 변환기 (ADC) 들이 아날로그 신호 진폭을 이산화 (discretize) 시킴에 따라, TDC들은 시간 간격을 이산화시킨다. 실제 시간 간격과 그 시간 간격의 이산화된 버전 사이의 차이는 양자화 에러로 공지되어 있으며, TDC 리졸루션에 의해 결정된다.

[0003] 통상적으로, TDC 리졸루션은 TDC의 지연 라인에서의 유닛 셀의 지연에 의해 제한된다. 예를 들어, 그 지연은, 인버터의 게이트 지연일 수도 있으며, 이용되는 특정한 반도체 프로세싱 기술의 특징이다. 특정한 고속 TDC 애플리케이션에 대해, 유닛 셀의 지연을 넘어서 TDC 리졸루션을 개선시키기 위한 설계 기술들을 갖는 것이 바람직할 것이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0004] 본 발명의 일 양태는, 신호 A의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하기 위한 지연 라인으로서, $A(m)$ 은 m 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 지연 라인; 및 시간 인스턴트에서 $A(m)$ 과 신호 $B[A(m)]$ 사이의 차이를 샘플링하기 위한 샘플링 메커니즘으로서, $B[A(m)]$ 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 샘플링 메커니즘을 포함하는 시간-디지털 변환기를 제공한다.
- [0005] 본 발명의 또 다른 양태는 시간 간격을 디지털 표현으로 변환하기 위한 방법을 제공하며, 그 방법은, 신호 A의 적어도 하나의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하는 단계로서, $A(m)$ 은 m 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 생성하는 단계; 및 시간 인스턴트에서 $A(m)$ 과 신호 $B[A(m)]$ 사이의 차이를 샘플링하는 단계로서, $B[A(m)]$ 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 샘플링하는 단계를 포함한다.
- [0006] 본 발명의 또 다른 양태는, 신호 A의 적어도 하나의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하는 수단으로서, $A(m)$ 은 m 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 생성하는 수단; 및 시간 인스턴트에서 $A(m)$ 과 신호 $B[A(m)]$ 사이의 차이를 샘플링하는 수단으로서, $B[A(m)]$ 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 샘플링하는 수단을 포함하는 시간-디지털 변환기 (TDC) 를 제공한다.
- [0007] 본 발명의 또 다른 양태는, 시간 간격을 디지털 표현으로 변환하기 위한 컴퓨터 프로그램 제품을 제공하며, 그 제품은, 컴퓨터로 하여금 신호 A의 적어도 하나의 지연된 버전 $A(m)$ 을 생성하게 하는 코드로서, $A(m)$ 은 m 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 생성하게 하는 코드; 및 컴퓨터로 하여금 시간 인스턴트에서 $A(m)$ 과 신호 $B[A(m)]$ 사이의 차이를 샘플링하게 하는 코드로서, $B[A(m)]$ 은 적어도 하나의 지연 유닛만큼 A에 대해 지연되는, 그 샘플링하게 하는 코드를 포함하는 컴퓨터-판독가능 매체를 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 도 1은 종래 기술의 TDC의 일부의 일 구현을 도시한다.
- 도 2는 도 1에 도시된 신호들의 타이밍의 일 예를 도시한다.
- 도 3은, 서브-인버터 지연 리졸루션을 달성하기 위한 본 발명에 따른 일 실시형태를 도시한다.
- 도 4는, 플립-플롭들 $DQ.m$ 및 $DQ.(m+1)$ 에 커플링된 차동 입력 신호들의 타이밍과 비교하여, 보간 플립-플롭 $ADQ.m$ 에 커플링된 차동 입력 신호의 타이밍의 일 예를 도시한다.
- 도 5는 본 발명의 방법에 따른 단계들을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 도 1은 종래 기술의 TDC의 일부의 일 구현을 도시한다. 도 1에서, 지연 T_D 를 각각 갖는 인버팅 버퍼들 $B.n$ 은 지연 라인 (100) 을 형성한다. 지연 라인 (100) 은, 본래의 싱글-엔디드 신호 A의 점차로 지연된 버전들 $A(n)$ 을 생성하며, 여기서, n 은 제로로부터 (지연없음) 지연 라인 (100) 의 최대 지연까지의 범위인 인덱스이다.
- [0010] 또한, 도 1에 도시된 것은 A에 상보적인 신호 A' 이다. 신호 A 및 A' 는 서로의 논리 반전이며, TDC 데이터 경로에서의 차동 신호 프로세싱을 허용한다. 싱글-엔디드 프로세싱에 대한 차동 프로세싱의 이점들은 당업계에 주지되어 있으며, 예를 들어, 플립-플롭의 입력 및 출력에서의 공통-모드 잡음의 더 양호한 거부를 포함한다. A' 는, 인버팅 버퍼들 $B'.n$ 을 사용하여 A' 의 점차로 지연된 버전들 $A'(n)$ 을 생성하는 그 자신의 지연 라인 (110) 을 제공받는다.
- [0011] 또한, 도 1은 복수의 차동 D-Q 플립-플롭들 (120) 을 도시한다. 각각의 D-Q 플립-플롭은, 신호 REF의 상승 에지 상에서, 그의 차동 입력 D/D' 에서 전압 (또는 전류) 차이를 샘플링하도록 설계된다. 본 명세서 및 본 청구항에서, 용어 X/Y 는 싱글-엔디드 신호 X 및 Y 로 구성된 차동 신호를 나타낸다. 각각의 플립-플롭은 그의 차동 입력에서의 샘플링된 전압 차이의 논리값을 후속 시간에서의 차동 플립-플롭 출력 Q/Q' 에 제공한다. 예를 들어, 일 실시형태에서, 싱글-엔디드 입력 D가 싱글-엔디드 입력 D' 의 전압 레벨보다 더 높은 전압 레벨을 가지면, 차동 출력 Q/Q' 은 후속 시간에서 HIGH 레벨을 생성할 수도 있으며, 그 역도 행해질 수도 있다. 본 명세서에서, HIGH 의 논리 레벨은, 설명의 용이함을 위해 양의 차동 입력 신호 D/D' 와 관련될 것이다.

당업자는, 이러한 설명이 반대의 관례에도 적용된다는 것을 인식할 것이다.

- [0012] 또한, 당업자는, 대안적인 TDC 구현들이 D-Q 플립-플롭들 이외에 차동 샘플링 메커니즘들을 이용할 수도 있음을 이해할 것이다. 본 발명의 기술들은, 그러한 구현들에 용이하게 적용될 수도 있다.
- [0013] 도 1에서, 각각의 플립-플롭 DQ.n 에 대한 입력 D/D' 는, 지연 라인들 (100 및 110)로부터 탭핑된 대응하는 차동 입력 A(n)/A'(n) 에 커플링된다. 집합적으로, 플립-플롭들 DQ.n 이 REF의 상승 에지 상에서 차동 신호 A/A' 의 점차로 지연된 버전들 A(n)/A'(n) 을 동시에 샘플링한다는 것이 관측된다. 복수의 플립-플롭 출력들 Q/Q' 을 디코더 (미도시) 에 커플링함으로써, REF의 상승 에지와 신호 A/A' 에서의 논리 천이들 사이의 상대적인 타이밍이 결정될 수도 있다. TDC는, 이에 따라 측정된 상대적인 타이밍의 이산화된 표현 (미도시) 을 출력할 수도 있다.
- [0014] 도 2는, 도 1에 도시된 신호들의 타이밍의 일 예를 도시한다. 도 2에서, 플롯 (200) 은 시간 t_s 에서의 신호 REF의 상승 에지를 도시한다. 플롯 (210) 은, 플립-플롭 DQ.m 의 입력 D/D' 에 커플링된 차동 신호 A(m)/A'(m) 를 도시하며, 여기서, m은 도시된 신호들의 특정 인스턴스에 대한 인덱스이다. 플롯 (220) 은, 플립-플롭 DQ.(m+1) 의 입력 D/D' 에 커플링된 차동 신호 A(m+1)/A'(m+1) 를 도시한다. DQ.(m+1) 은, 도 1의 플립-플롭들 (120) 에서 플립-플롭 DQ.m 에 바로 후속하는 플립-플롭이다. 버퍼들 B.m 및 B'm 에 의해 도입된 반전으로 인해, A(m)/A'(m) 과 A(m+1)/A'(m+1) 사이의 비교는 그 2개의 차동 신호들 사이의 극성에서의 차이를 고려해야 한다. 대안적인 실시형태들에서, 예를 들어, 지연 라인들 (100 및 110)로부터의 신호들 A(n)/A'(n) 이 도 1의 연속하는 플립-플롭들에 대한 입력들 D/D' 사이에서 교번하면, 그러한 신호 반전은 존재하지 않을 수도 있다. 그러한 실시형태들은, 본 발명의 범위내에 있는 것으로 고려된다.
- [0015] 도 2에서, 플립-플롭 DQ.m 이 시간 t_s 에서, REF의 상승 에지 상에서 논리 LOW 를 샘플링하는 동안, 플립-플롭 DQ(m+1) 또한 t_s 에서 논리 LOW 를 샘플링한다. 상승된 신호 반전으로 인해, 플립-플롭들 DQ.m 및 DQ.(m+1) 에 의해 샘플링된 2개의 연속하는 LOW들은, REF의 상승 에지 이전에 m T_D 로부터 (m+1) T_D 까지의 시간 간격 동안 신호 A에서 논리 천이가 발생한다는 것을 나타낸다. 도 1의 종래 기술의 TDC의 리졸루션이 단일 인버터 지연 T_D 에 제한되기 때문에, TDC는, $\pm T_D/2$ 보다 양호한 정확도로 논리 천이의 타이밍을 결정할 수 없다.
- [0016] 대안적으로, 도 1의 TDC의 리졸루션은, 본래의 신호 A/A' 의 연속적으로 지연된 버전들의 제로-크로싱 (zero-crossing) 시간들 사이의 차이를 참조하여 이해될 수도 있다. 제로-크로싱 시간들은, 차동 신호가 논리 HIGH로부터 논리 LOW로 천이하는 시간, 또는 그 역의 시간을 나타낸다. 도 2에서, 시간 인스턴트들 $t(m)$ 및 $t(m+1)$ 은, 각각, 차동 신호들 A(m)/A'(m) 및 A(m+1)/A'(m+1) 에 대한 제로-크로싱 시간들을 반영한다. TDC의 타이밍 리졸루션은, 단일 지연 버퍼의 지연 T_D 에 대응하는 $t(m+1)-t(m)$ 으로서 계산될 수도 있다. TDC의 리졸루션을 개선시키기 위해, TDC에서 이용가능한 연속하는 제로-크로싱 시간들 사이의 차이를 감소시키는 것이 바람직할 것이다.
- [0017] 본 발명에 따르면, 서브-인버터 지연 리졸루션은, 도 3에 도시된 바와 같은 대안적인 TDC 아키텍처를 이용함으로써 달성될 수도 있다.
- [0018] 도 3에서, D-Q 플립-플롭들 DQ.n 의 세트 (320) 이외에 "보간" 플립-플롭들 ADQ.n 의 세트 (330) 가 제공된다. 각각의 보간 플립-플롭 ADQ.n 은 차동 출력 Q/Q' 를 생성하기 위해 차동 입력 D/D' 를 샘플링한다. 각각의 ADQ.n 에 대한 입력 D는 지연 라인 (300) 에 의해 생성된 신호 A(n) 에 커플링되지만, 입력 D' 는 지연 라인 (300) 에 의해 생성된 신호 A(n+1) 에 커플링된다. ADQ.n 에 대한 입력들 D 및 D' 은 하나의 유닛 지연, 예를 들어, 하나의 인버터 지연만큼 이격되는 서로에 대한 반전된 버전들로 관측된다. 도 3에 도시된 실시형태에서, 더미 부하 "LOAD" 의 인스턴스들은, 지연 라인 (310) 상의 부하들을 지연 라인 (300) 상의 부하와 밸런싱하기 위해 지연 라인 (310) 에 제공된다.
- [0019] 도 4는, DQ.m 및 DQ.(m+1) 에 커플링된 차동 입력 신호들의 타이밍과 비교하여 단일 플립-플롭 ADQ.m 에 커플링된 차동 입력 신호의 타이밍의 일 예를 도시한다. 도 4에서, 플롯 (400) 은 도 2에 도시된 것과 동일한 레퍼런스 신호 REF를 도시한다. 플롯들 (410 및 420) 은, 각각, DQ.m 및 DQ.(m+1) 의 입력들에 커플링된 차동 신호들 A(m)/A'(m) 및 A(m+1)/A'(m+1) 을 도시한다. 플롯 (415) 은, ADQ.m 의 입력들에 커플링된 차동 입력 신호 A(m)/A(m+1) 를 도시한다.
- [0020] 플롯들 (410 및 420) 에서, 제로-크로싱 시간들은, 각각, 도 2의 플롯들 (210 및 220) 과 유사한 $t(m)$ 및

$t(m+1)$ 인 것으로 도시되어 있다. 그러나, 플롯 (415) 에서, $A(m)/A(m+1)$ 에 대한 제로-크로싱 시간은, $t(m)$ 과 $t(m+1)$ 사이에 놓여있는 $t'(m)$ 인 것으로 도시되어 있다. 도시된 방식은, $m T_D$ 보다 크지만 $(m+1) T_D$ 보다는 작은 지연을 갖는 신호 A/A' 의 "보간된" 버전을 $ADQ.m$ 에 효율적으로 제공한다. 모든 신호들에 대해 동일한 상승 및 하강 시간들을 가정하면, 그러한 지연은 $m T_D$ 와 $(m+1) T_D$ 사이의 대략적인 중간일 것이다.

도 3에 도시된 바와 같이 복수의 플립-플롭들 $ADQ.n$ (300) 을 제공함으로써, 신호 A 는 유닛 지연, 예를 들어, 단일 인버터의 지연 T_D 보다 작은 타이밍 리졸루션으로 그에 따라 샘플링될 수도 있다.

[0021] 실시형태에 의존하여, 본래의 신호에 대한 보간된 신호의 실제 지연이 $m T_D$ 와 $(m+1) T_D$ 사이의 중간보다 크거나 작을 수도 있음을 유의한다. 당업자는, 보간된 신호의 실제 지연에 영향을 주는 팩터들이, 예를 들어, 디바이스 미스매치 및/또는 프로세스 변형들로 인한 버퍼들의 상승 및 하강 시간들에서의 불균형을 포함할 수도 있음을 인식할 것이다. 일 실시형태에서, 상승 및 하강 시간들에서의 불균형으로 인한 TDC 샘플링의 레벨에서의 변형들은, 예를 들어, 상승 및 하강 시간들을 모니터링하고 최종 측정치로부터 기대된 부정확도를 소거시킴으로써 TDC 측정치로 팩터화될 수도 있다.

[0022] 당업자는, 다양한 변형들이 도 3에 도시된 실시형태들에 행해질 수도 있지만, 본 발명의 기술들을 여전히 이용한다는 것을 인식할 것이다. 일 실시형태에서, 버퍼들 $B.n$ 의 인버팅 특징을 보상하기 위해, 플립-플롭들 $DQ.n$ 에 대한 차동 입력들이 극성에서 연속적으로 플립될 수도 있다.

[0023] 또한, 당업자는, 대안적인 실시형태들에서, 비-인버팅 버퍼들이 도 1 및 도 3에 도시된 인버팅 버퍼들 $B.n$ 대신에 이용될 수도 있음을 인식할 것이다. 이러한 경우, 보간 $D-Q$ 플립-플롭 $ADQ.n$ 에 대한 입력 D/D' 가 신호들 $A(n)/A'(n+1)$ 에 커플링될 수도 있으며, 여기서, $A(n)$ 은 본래의 신호 A 에 대응하는 제 1 지연 라인으로부터 탭핑되고, $A'(n+1)$ 은 상보적인 신호 A' 에 대응하는 제 2 지연 라인으로부터 탭핑된다. 이들 및 다른 실시형태들은, 본 발명의 범위내에 있는 것으로 고려된다.

[0024] 설명된 제로-크로싱 시간들이 TDC 양자화 경계 근방의 샘플링 메커니즘의 작동을 예시하기 위해서만 선택됨을 유의한다. 당업자는, 제로-크로싱 시간들이 단지 예시의 목적을 위해 언급되며, 임의의 시간 주기에 걸쳐 또 다른 레벨로 천이하지 않으면서 통상적인 차동 입력 신호 A 가 일반적으로 일정하게 유지될 수도 있음을 인식할 것이다.

[0025] 도 5는, 본 발명의 방법에 따른 단계들을 도시한다. 도 5에서, 신호 A 의 지연된 버전들 $A(n)$ 및 $A'(n)$ 이 단계 (500) 에서 생성된다. 단계 (510) 에서, $A(n)/A'(n)$ 가 REF의 상승 에지 상에서 샘플링된다. 단계 (520) 에서, $A(n)/A(n+1)$ 이 또한 REF의 상승 에지 상에서 샘플링된다. 단계 (530) 에서, 그 샘플들은 추가적인 프로세싱을 위해 디코더에 제공된다. 당업자는, 도 5에 도시된 단계들이 단지 예시의 목적을 위한 것이며, 도시된 임의의 특정한 단계들로 본 발명의 범위를 제한하려는 것이 아님을 인식할 것이다.

[0026] 하나 이상의 예시적인 실시형태들에서, 설명된 기능들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수도 있다. 소프트웨어로 구현되면, 그 기능들은 컴퓨터-판독가능 매체 상의 하나 이상의 명령들 또는 코드로서 저장되거나 송신될 수도 있다. 컴퓨터-판독가능 매체는, 일 장소로부터 또 다른 장소로의 컴퓨터 프로그램의 전달을 용이하게 하는 임의의 매체를 포함하는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체 양자를 포함한다. 저장 매체는, 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체일 수도 있다. 제한이 아닌 예로서, 그러한 컴퓨터-판독가능 매체는, RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 공학 디스크 저장부, 자성 디스크 저장부 또는 다른 자성 저장 디바이스, 또는 명령들 또는 데이터 구조들의 형태로 원하는 프로그램 코드를 운반 또는 저장하는데 사용될 수 있고 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 또한, 임의의 접속은 컴퓨터-판독가능 매체를 적절히 지칭한다. 예를 들어, 소프트웨어가 동축 케이블, 광섬유 케이블, 꼬인 쌍, 디지털 가입자 라인 (DSL), 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술들을 사용하여 웹사이트, 서버, 또는 다른 원격 소스로부터 송신되면, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 꼬인 쌍, DSL, 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술들은 매체의 정의 내에 포함된다. 여기에서 사용된 바와 같이, 디스크 및 disc는, 컴팩 disc (CD), 레이저 disc, 광 disc, DVD (digital versatile disc), 플로피 디스크 및 블루-레이 disc 를 포함하며, 여기서, 디스크들은 일반적으로 데이터를 자성적으로 재생하지만, disc는 레이저를 이용하여 광학적으로 데이터를 재생한다. 또한, 상기의 조합들은 컴퓨터-판독가능 매체의 범위 내에 포함되어야 한다.

[0027] 컴퓨터 프로그램 제품의 컴퓨터-판독가능 매체와 관련된 명령들 또는 코드는 컴퓨터, 예를 들어, 하나 이상의 디지털 신호 프로세서 (DSP), 범용 마이크로프로세서, ASIC, FPGA, 또는 다른 동등한 집적 또는 이산 논리 회로

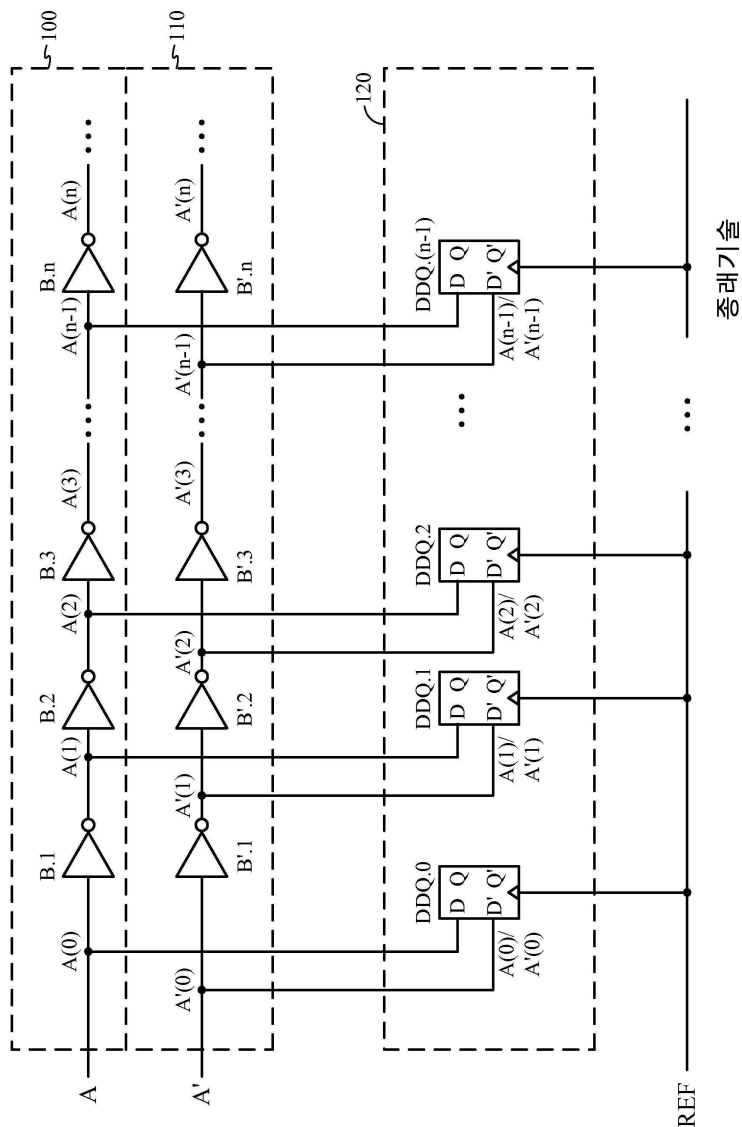
와 같은 하나 이상의 프로세서들에 의해 실행될 수도 있다.

[0028] 본 명세서 및 청구항에서, 엘리먼트가 또 다른 엘리먼트에 "접속된" 또는 "커플링된" 라는 것으로 지칭될 경우, 그것은 다른 엘리먼트에 직접 접속되거나 커플링될 수 있거나, 개재 엘리먼트가 존재할 수도 있다는 것임을 이해할 것이다. 이와 대조적으로, 엘리먼트가 또 다른 엘리먼트에 "직접적으로 접속된" 또는 "직접적으로 커플링된" 라는 것으로 지칭될 경우, 개재 엘리먼트들은 존재하지 않는다.

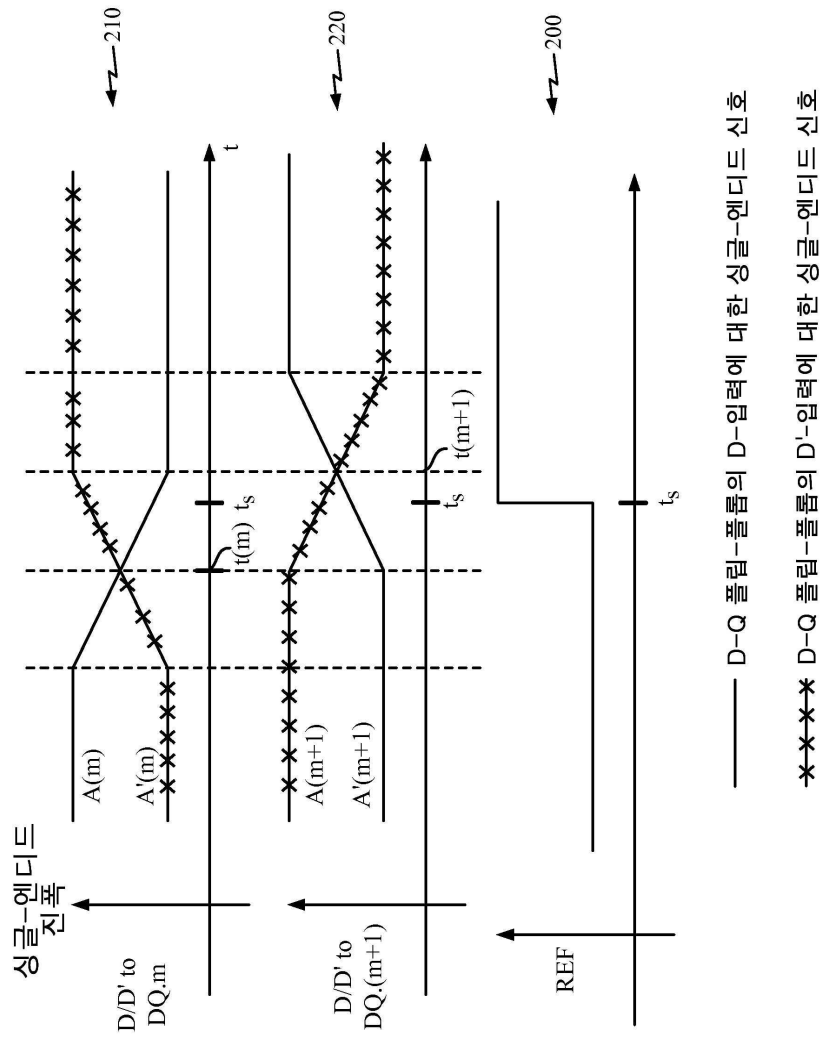
[0029] 다수의 양태들 및 예들이 설명되었다. 그러나, 이들 예들에 대한 다양한 변형들이 가능하며, 여기에서 제공된 원리들이 다른 양태들에 또한 적용될 수도 있다. 이들 및 다른 양태들은 다음의 청구항의 범위내에 존재한다.

도면

도면1



도면2



도면3

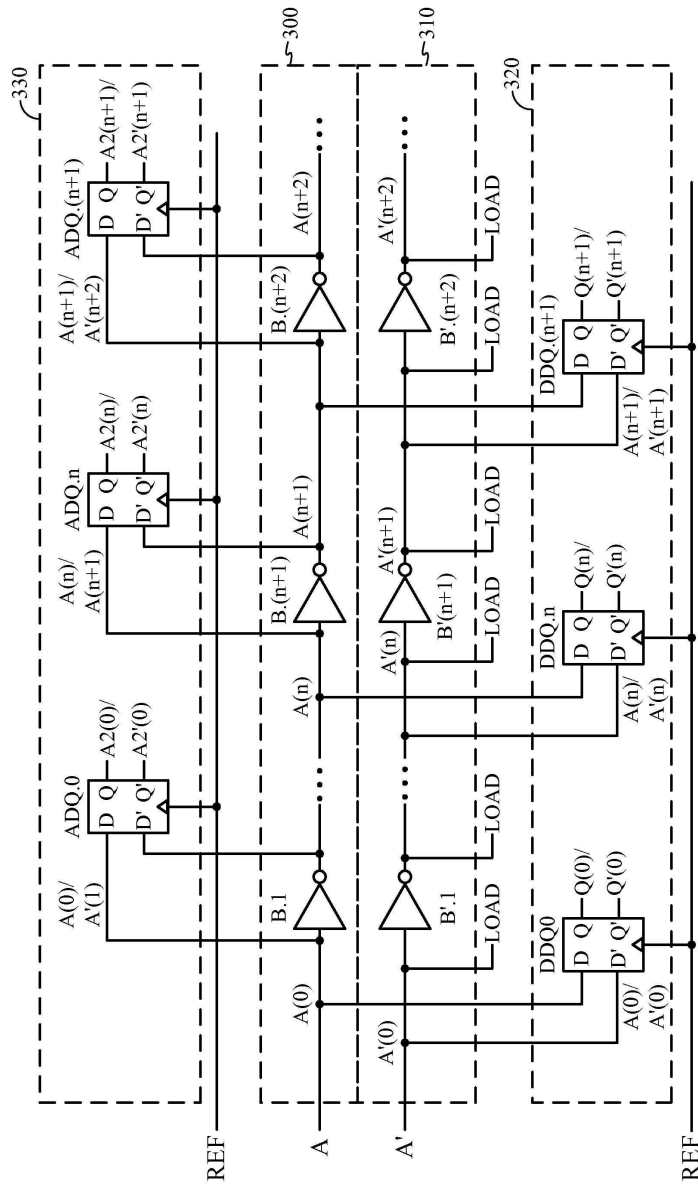
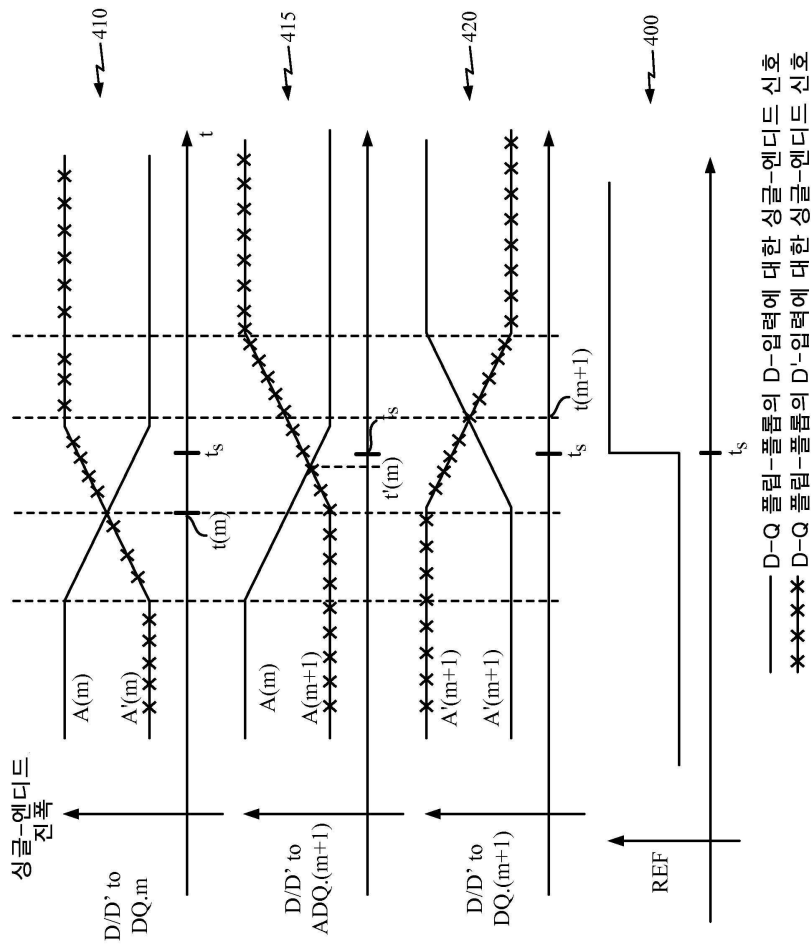


FIG. 3

도면4



도면5

