(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월03일
(11) 등록번호 10-1525554
(24) 등록일자 2015년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 1/035 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7022885
(22) 출원일자(국제) 2013년01월17일
심사청구일자 2014년10월07일
(85) 번역문제출일자 2014년08월14일
(65) 공개번호 10-2014-0114042
(43) 공개일자 2014년09월25일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/021844
(87) 국제공개번호 WO 2013/109694
국제공개일자 2013년07월25일
(30) 우선권주장
13/487,804 2012년06월04일 미국(US)
61/587,689 2012년01월18일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US5999581 A
US7440987 B1

(73) 특허권자
퀄컴 인코포레이티드
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
(72) 발명자
호일, 데이비드 제이.
미국 92121 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

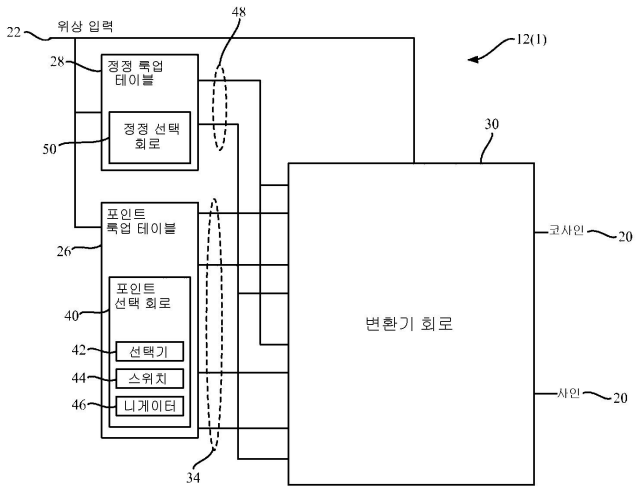
전체 청구항 수 : 총 27 항 심사관 : 김곤희

(54) 발명의 명칭 **고정확성의 사인-코사인 파 및 주파수 생성기들, 및 관련 시스템들 및 방법들**

(57) 요 약

본 발명은 고정확성 사인-코사인 파 및 주파수 생성기들, 및 관련 시스템들 및 방법들에 관한 것이다. 본원에 개시된 비제한적인 실시예들에서, 사인-코사인 파 생성기들은 낮은 하드웨어 비용들 및 작은 룩업 테이블 요구들로 사인-코사인 파 생성에 대한 높은 정확성의 사인-코사인 값들을 제공할 수 있다. 본원에 개시된 실시예들은 위상 입력에 기초하여 사인-코사인 곡선의 연산 근사화를 실시하기 위한 회로를 포함할 수 있다. 상기 회로는 포인트 룩업 테이블 및 정정 룩업 테이블과 통신할 수 있다. 상기 테이블들은 위상 입력을 수신하고, 위상과 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 및 위상에 대한 정정 값에 위상 입력을 매칭시킬 수 있다. 입력 위상에 기초하여 선택된 이러한 값들은, 사인-코사인 곡선 값을 발생시키는 값들에 연산 함수들이 적용되는 변환기 회로로 통신될 수 있다.

대 표 도



명 세 서

청구범위

청구항 1

주파수 생성기로서,

위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하도록 구성된 위상 누적기, 및

위상 입력으로서 상기 위상 신호를 수신하고, 변환기 출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성하도록 구성된 사인-코사인 변환기 - 상기 사인-코사인 곡선 값은 상기 위상 각도에서의 사인-코사인 값에 대해 미리 정의된 허용 오차 내에 있음 - 를 포함하고,

상기 사인-코사인 변환기는,

제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들로 구성된 포인트 룩업 테이블 - 상기 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도에서의 상기 사인-코사인 곡선 값을 포함함 - ,

상기 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 상기 미리 정의된 간격들의 제 1 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 상기 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 복수의 정정 값들로 구성된 정정 룩업 테이블,

상기 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 상기 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를, 상기 포인트 룩업 테이블로부터, 제공하도록 구성된 포인트 선택 회로,

상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 상기 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을, 상기 정정 룩업 테이블로부터, 제공하도록 구성된 정정 선택 회로, 및

상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상기 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여 상기 위상 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 변환기 출력 신호로 제공하도록 구성된 변환기 회로를 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 정정 값들 각각은 Buneman 항등식(identity)에 대한 시컨트-기반 계수(secant-based coefficient) 중 적어도 하나를 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 계수들은 중앙 값을 중심으로 반대쪽 끝에서부터 서로를 미러링(mirror)하여, 상기 계수들 모두를 나타내기 위해 단일 데이터 세트의 사용을 허용하는,

주파수 생성기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 상기 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들은 제 2 서브-메

인 사인-코사인 엔드포인트들을 발생시키는 선형 보간들을 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 메인 사인-코사인 엔드포인트들이 상기 미리 정의된 간격들을 두는 상기 제 1 각도 범위는 단위 원(unit circle)의 π/4 라디안에 걸쳐 있는(span),

주파수 생성기.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 위상 입력은 상기 위상 각도에 상관되는 상기 단위 원의 섹션을 또한 나타내고, 그리고

상기 포인트 선택 회로는,

상기 제 1 각도 범위 내의 동등한 위상 각도를 나타내는 기준 위상 각도에 상관되는 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 선택하도록 구성된 선택기,

필요할 때 상기 위상 각도에 상관되는 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들을 스위칭하도록 구성된 스위치, 및

필요할 때 상기 위상 각도에 상관되는 상기 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들을 니게이팅하도록 구성된 니게이터(negator)를 더 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 포인트 선택 회로는 복수의 제 1 포인트 출력들을 포함하고,

상기 정정 선택 회로는 복수의 정정 출력들을 포함하고, 그리고

상기 변환기 회로는,

상기 제 1 포인트 출력들의 각각의 포인트 출력 및 상기 정정 출력들의 각각의 정정 출력과 통신하고, 포인트 출력 및 정정 출력에 의해 제공된 값들을 곱셈하도록 구성되고, 제 1의 1차 곱셈기 출력을 갖는 제 1의 1차 곱셈기,

상기 제 1의 1차 곱셈기 출력과 통신하고, 상기 제 1의 1차 곱셈기에 의해 제공된 값들을 감산하도록 구성되고, 제 1 감산기 출력을 갖는 제 1 감산기,

상기 제 1 감산기 출력 및 상기 위상 누적기와 통신하고, 상기 제 1 감산기 및 상기 위상 입력에 의해 제공된 값을 곱셈하도록 구성되고, 제 1의 2차 곱셈기 출력을 갖는 제 1의 2차 곱셈기, 및

상기 제 1의 1차 곱셈기 출력, 상기 제 1 포인트 출력들 중 하나, 및 상기 제 1의 2차 곱셈기 출력과 통신하고, 각각의 출력에 의해 제공된 값들을 합산하도록 구성된 제 1의 1차 합산기를 더 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 변환기 회로는 상기 사인-코사인 곡선 값의 사인 부분 및 코사인 부분을 직렬로 제공하도록 구성되는,

주파수 생성기.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 포인트 선택 회로는 복수의 제 2 포인트 출력들을 포함하고, 그리고

상기 변환기 회로는,

상기 제 2 포인트 출력들의 각각의 포인트 출력 및 상기 정정 출력들의 각각의 정정 출력과 통신하고, 상기 제 2 포인트 출력 및 상기 정정 출력에 의해 제공된 값들을 곱셈하도록 구성되고, 제 2의 1차 곱셈기 출력을 갖는 제 2의 1차 곱셈기,

상기 제 2의 1차 곱셈기 출력과 통신하고, 상기 제 2의 1차 곱셈기에 의해 제공된 값들을 감산하도록 구성되고, 제 2 감산기 출력을 갖는 제 2 감산기,

상기 제 2 감산기 출력 및 상기 위상 누적기와 통신하고, 상기 제 2 감산기 및 상기 위상 입력에 의해 제공된 값을 곱셈하도록 구성되고, 제 2의 2차 곱셈기 출력을 갖는 제 2의 2차 곱셈기, 및

상기 제 2의 1차 곱셈기 출력, 상기 제 2 포인트 출력들 중 하나, 및 상기 제 2의 2차 곱셈기 출력과 통신하고, 각각의 출력에 의해 제공된 값들을 합산하도록 구성된 제 2의 1차 합산기를 더 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 변환기 회로는 상기 사인-코사인 곡선 값의 사인 부분 및 코사인 부분을 병렬로 제공하도록 구성되는,

주파수 생성기.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 사인-코사인 변환기는,

상기 정정 룩업 테이블의 2 개의 연관된 정정 값들 사이의 차이를 나타내는 복수의 델타 정정 값들로 구성되고, 복수의 델타 정정 출력들을 갖는 델타 정정 룩업 테이블,

상기 제 1 포인트 출력들의 각각의 포인트 출력 및 상기 델타 정정 출력들의 각각의 델타 정정 출력과 통신하고, 상기 포인트 출력 및 상기 델타 정정 출력에 의해 제공된 값들을 곱셈하도록 구성되고, 제 1의 3차 곱셈기 출력을 갖는 제 1의 3차 곱셈기,

상기 제 1의 3차 곱셈기 출력 및 상기 제 1 감산기 출력과 통신하고, 상기 제 1의 3차 곱셈기 및 상기 제 1 감산기에 의해 제공된 값들을 합산하도록 구성되고, 제 1의 2차 합산기 출력을 갖는 제 1의 2차 합산기,

상기 제 1의 2차 합산기 출력 및 상기 위상 누적기와 통신하고, 상기 제 1의 2차 합산기 및 상기 위상 입력에 의해 제공된 값을 곱셈하도록 구성되고, 제 1의 4차 곱셈기 출력을 갖는 제 1의 4차 곱셈기를 더 포함하고,

상기 제 1의 1차 합산기는 상기 제 1의 4차 곱셈기 출력과 추가로 통신하는,

주파수 생성기.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 위상 각도에서의 상기 사인-코사인 곡선 값은 대응하는 사인 및 코사인 값들을 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 주파수 생성기는 반도체 다이에 통합되는,

주파수 생성기.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 주파수 생성기가 통합된 셋 톱 박스, 엔터테인먼트 유닛, 내비게이션 디바이스, 통신 디바이스, 고정 위치 데이터 유닛, 모바일 위치 데이터 유닛, 모바일 폰, 셀룰러 폰, 컴퓨터, 휴대용 컴퓨터, 데스크 톱 컴퓨터, PDA(personal digital assistant), 모니터, 컴퓨터 모니터, 텔레비전, 튜너, 라디오, 위성 라디오, 음악 플레이어, 디지털 음악 플레이어, 휴대용 음악 플레이어, 디지털 비디오 플레이어, 비디오 플레이어, 디지털 비디오 디스크(DVD) 플레이어, 및 휴대용 디지털 비디오 플레이어로 구성된 그룹으로부터 선택된 디바이스를 더 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 15

주파수 생성기로서,

위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하기 위한 수단,

위상 입력으로서 상기 위상 신호를 수신하기 위한 수단,

출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성하기 위한 수단 - 상기 사인-코사인 곡선 값은 상기 위상 각도에서의 사인-코사인 값에 대해 미리 정의된 허용 오차 내에 있음 - ,

제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들로 구성된 포인트 룩업 테이블을 저장하기 위한 수단 - 상기 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도에서의 상기 사인-코사인 곡선 값을 포함함 - ,

상기 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 상기 미리 정의된 간격들의 제 1 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 상기 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 복수의 정정 값들로 구성된 정정 룩업 테이블을 저장하기 위한 수단,

상기 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 상기 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를 상기 포인트 룩업 테이블로부터 선택하기 위한 수단,

상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 상기 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을 상기 정정 룩업 테이블로부터 선택하기 위한 수단, 및

상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상기 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여 상기 출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성하기 위한 수단에서 상기 위상 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 출력 신호 상에서 생성하기 위한 수단을 포함하는,

주파수 생성기.

청구항 16

주파수 신호를 생성하는 방법으로서,

위상 누적기를 통해 위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하는 단계,

사인-코사인 변환기 회로에서 위상 입력으로서 상기 위상 신호를 수신하는 단계,

제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 포함하는 포인트 룩업 테이블로부터, 상기 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 상기 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를 변환기 회로에서 수신하는 단계 - 상기 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함함 - ,

상기 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 상기

미리 정의된 간격들의 제 1 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 상기 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 복수의 정정 값들을 포함하는 정정 룩업 테이블로부터, 상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 상기 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을 상기 사인-코사인 변환기 회로에서 수신하는 단계, 및

상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상기 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여, 변환기 출력으로서 상기 사인-코사인 곡선 값을 생성하는 단계 - 상기 사인-코사인 곡선 값은 상기 위상 각도에서의 사인-코사인 값에 대해 미리 정의된 허용 오차 내에 있음 - 를 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 복수의 정정 값들 각각은 Buneman 항등식에 대한 시컨트-기반 계수 중 적어도 하나를 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 계수들은 중앙 값을 중심으로 반대쪽 끝에서부터 서로를 미러링하여, 상기 계수들 모두를 나타내기 위해 단일 데이터 세트의 사용을 허용하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 상기 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들은 제 2 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들을 발생시키는 선형 보간들을 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

상기 메인 사인-코사인 엔드포인트들이 상기 미리 정의된 간격들을 두는 상기 제 1 각도 범위는 단위 원의 $\pi/4$ 라디안에 걸쳐 있는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 위상 입력은 상기 위상 각도에 상관되는 상기 단위 원의 섹션을 또한 나타내고,

상기 방법은,

포인트 선택 회로의 선택기에 의해 상기 제 1 각도 범위 내의 동등한 위상 각도를 나타내는 기준 위상 각도에 상관되는 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 선택하는 단계,

상기 포인트 선택 회로의 스위치에 의해 필요할 때 상기 위상 각도에 상관되는 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들을 스위칭하는 단계, 및

상기 포인트 선택 회로의 니게이터에 의해 필요할 때 상기 위상 각도에 상관되는 상기 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들을 니게이팅하는 단계를 더 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 22

제 16 항에 있어서,

상기 포인트 룩업 테이블로부터 복수의 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들을 상기 변환기 회로에서 수신하는 단계,

상기 정정 룩업 테이블로부터 상기 복수의 정정 값들을 상기 변환기 회로에서 수신하는 단계,

제 1의 1차 곱셈기에 의해 상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들의 각각의 값 및 상기 정정 값들의 각각의 값을 곱셈하는 단계,

상기 제 1의 1차 곱셈기에 의한 곱셈의 결과들을 제 1 감산기에 의해 감산하는 단계,

상기 제 1 감산기에 의한 감산의 결과 및 상기 위상 입력을 제 1의 2차 곱셈기에 의해 곱셈하는 단계, 및

상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들 중 각각의 하나, 상기 제 1의 1차 곱셈들에 의한 곱셈의 결과들, 및 상기 제 1의 2차 곱셈기에 의한 곱셈의 결과를 제 1의 1차 합산기에 의해 합산하는 단계를 더 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 변환기 회로에 의해 상기 사인-코사인 곡선 값의 사인 부분 및 코사인 부분을 직렬로 제공하는 단계를 더 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 포인트 룩업 테이블로부터 복수의 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들을 상기 변환기 회로에서 수신하는 단계,

제 2의 1차 곱셈기에 의해 상기 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들의 각각의 값 및 상기 정정 값들의 각각의 값을 곱셈하는 단계,

상기 제 2의 1차 곱셈기에 의한 곱셈의 결과들을 제 2 감산기에 의해 감산하는 단계,

상기 제 2 감산기에 의한 감산의 결과 및 상기 위상 입력을 제 2의 2차 곱셈기에 의해 곱셈하는 단계, 및

상기 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들 중 각각의 하나, 상기 제 2의 1차 곱셈기에 의한 곱셈의 결과들, 및 상기 제 2의 2차 곱셈기에 의한 곱셈의 결과를 제 2의 1차 합산기에 의해 합산하는 단계를 더 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 사인-코사인 곡선 값의 사인 부분 및 코사인 부분을 병렬로 제공하는 단계를 더 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

델타 정정 룩업 테이블의 2 개의 연관된 정정 값들 사이의 차이를 나타내는 복수의 델타 정정 값들로 구성되고, 복수의 델타 정정 출력들을 갖는 상기 델타 정정 룩업 테이블을 제공하는 단계,

제 1의 3차 곱셈기에 의해 상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 값들의 각각의 값 및 상기 델타 정정 값들의

각각의 값을 곱셈하는 단계,

상기 제 1의 3차 곱셈기에 의한 곱셈의 결과들 및 상기 제 1 감산기에 의한 감산의 결과를 제 1의 2차 합산기에 의해 합산하는 단계,

상기 제 1의 2차 합산기의 결과 및 상기 위상 입력을 제 1의 4차 곱셈기에 의해 곱셈하는 단계, 및

상기 제 1의 4차 곱셈기의 결과를 상기 제 1의 1차 합산기에 의해 합산하는 단계를 더 포함하는,

주파수 신호를 생성하는 방법.

청구항 27

컴퓨터-실행 가능 명령들이 저장된 비일시적인 컴퓨터-판독 가능 매체로서,

상기 컴퓨터-실행 가능 명령들은 주파수 생성기로 하여금,

위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하게 하고,

위상 입력으로서 상기 위상 신호를 수신하게 하고,

제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 포함하는 포인트 룩업 테이블로부터, 상기 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 상기 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를 수신하게 하고 – 상기 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함함 – ,

상기 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 상기 미리 정의된 간격들의 제 1 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 상기 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 상기 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 정정 값들을 포함하는 정정 룩업 테이블로부터, 상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 상기 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을 수신하게 하고, 그리고

상기 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상기 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여, 변환기 출력으로서 상기 사인-코사인 곡선 값을 생성 – 상기 사인-코사인 곡선 값은 변환기 출력 신호에서 상기 위상 각도에서의 사인-코사인 값에 대해 미리 정의된 허용 오차 내에 있음 – 하게 하는,

컴퓨터-실행 가능 명령들이 저장된 비일시적인 컴퓨터-판독 가능 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 2012년 1월 18일자로 출원된 "HIGH ACCURACY SIN－COS WAVE AND FREQUENCY GENERATORS, AND RELATED SYSTEMS AND METHODS"란 명칭의 미국 가특허 출원 제 61/587,689 호를 우선권으로 주장하고, 그로 인해 상기 가특허 출원은 전체 내용이 본원에 인용에 의해 통합된다.

[0002] 본 발명의 기술은 사인 및 코사인 값들에 기초하여 주파수 신호들을 추산(gauge)하는 주파수 생성기들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 많은 산업들에서 기존 또는 생성된 입력 신호로부터 사인(sin) 및/또는 코사인(cos)(sin-cos) 파 신호들을 근사화하기 위해 다양한 방법들을 사용하는 것은 일반적이다. 그러한 신호 근사화는 원격 통신들 및 엔터테인먼트 산업들에서의 오디오 및 비주얼 통신들을 포함하여, 데이터 및 음성 통신들에 사용된다. 다른 용도들은 전자 컴포넌트들의 개발 및 제조를 위해 장비를 테스트하거나, 결함이 있는 전자 컴포넌트들을 수리하기 위한 신호들을 제공하는 것을 포함할 수 있다. 신호 근사화의 용도의 일 예는 톤 생성기를 갖는 모뎀에서 구현된다. 생성된 톤은 고속 푸리에 변환 회전 인자 생성, 주파수 시프트 정정 및 도플러 시프트 정정에 사용될 수 있다.

[0004] 사인-코사인 파 신호 근사화의 다양한 구현들은 다양한 정도들의 정밀성 및 효율성으로 이전에 구현되었다. 일반적인 방법은 미리 계산된 (사인-코사인) 값들의 매우 큰 룩업 테이블을 제공하는 것이며, 여기서 근사화의 정확성은 테이블의 크기(즉, 미리 계산된 값들의 수)에 의존한다. 통상적으로, 룩업 테이블의 크기는 대략 $2^{\text{정확성}}$

레벨이고, 정확성에서의 작은 증가들에 대해 지수 함수적으로 더 큰 테이블들을 초래한다. 일부 경우들에서, 큰 룩업 테이블들은 자신들의 크기를 감소시키기 위해 선형 보간들(linear interpolations)과 페어링되었다. 다항 곡선 맞춤들(polynomial curve fits)과 결합된 계수들의 테이블들이 또한 곡선들을 근사화하는데 사용되었다. 그러나, 더 많은 테이블들이 필요로 되고, 다항식들이 계산들의 복잡성을 증가시키기 때문에, 하드웨어 비용이 증가된다. IIR(Infinite Impulse Response) 필터들은 사인 파들을 생성할 수 있지만, 단지 다수의 짧은 사이클들 동안에 요구될지라도, 재귀적인 계산의 안정성은 높은 레이트의 정밀성 감소를 갖는다.

[0005] 사인-코사인 파를 근사화하는 기존의 방법들 중 임의의 방법의 경우에, 정확성, 비용 및 효율성 사이에 트레이드오프가 존재한다. 더 큰 정확성을 달성하기 위해, 더 많은 데이터가 저장될 수 있거나 및/또는 더 복잡한 계산들이 실행될 수 있다. 이것은 요구된 하드웨어의 양 및 복잡성, 및 프로세싱 시간 및 전력에 대한 증가된 요구들에 기초하여 더 높은 하드웨어 비용들을 초래할 수 있다. 따라서, 비용에서의 통상적인 증가들 및 효율성에서의 감소들을 발생시키지 않고, 높은 레벨의 정확성을 달성하면서, 사인-코사인 파 신호들을 근사화할 수 있는 주파수 생성기를 개발하는 것이 바람직하다.

발명의 내용

[0006] 상세한 설명에 개시된 실시예들은 고정확성 사인 및/또는 코사인(sin-cos) 파 및 주파수 생성기들, 및 관련 시스템들 및 방법들을 포함한다. 본원에 개시된 비제한적인 실시예들에서, 사인-코사인 파 생성기들은 낮은 하드웨어 비용 및 작은 룩업 테이블 요구들로 사인-코사인 파 생성에 대한 높은 정확성의 사인-코사인 값들을 제공할 수 있다. 본원에 개시된 실시예들은 위상 입력에 기초하여 사인-코사인 곡선의 연산 근사화를 실시하기 위한 회로를 포함할 수 있다. 상기 회로는 포인트 룩업 테이블 및 정정 룩업 테이블과 통신할 수 있다. 상기 테이블들은 위상 입력을 수신하고, 위상과 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 및 위상에 대한 정정 값에 위상 입력을 매칭시킬 수 있다. 위상 입력에 기초하여 선택된 이러한 값들은, 사인-코사인 곡선 값을 발생시키는 값들에 연산 함수들이 적용되는 변환기 회로로 통신될 수 있다.

[0007] 이와 관련하여, 일 실시예에서, 주파수 생성기가 제공된다. 주파수 생성기는 위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하도록 구성된 위상 누적기를 포함한다. 위상 누적기와 통신하는 사인-코사인 변환기는 위상 입력으로서 위상 신호를 수신한다. 사인-코사인 변환기는 변환기 출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성한다. 사인-코사인 곡선 값은 미리 정의된 허용 오차 내에서 위상 각도에서의 사인-코사인 값과 대략 동일하다. 사인-코사인 변환기는 제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 갖는 포인트 룩업 테이블을 더 포함한다. 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 간격들 중에서 정해진 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함한다. 사인-코사인 변환기는 또한 포인트 룩업 테이블에서 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 간격들의 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 복수의 정정 값들을 갖는 정정 룩업 테이블을 포함한다. 사인-코사인 변환기의 포인트 선택 회로는 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를, 포인트 룩업 테이블로부터, 제공한다. 사인-코사인 변환기의 정정 선택 회로는 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을, 정정 룩업 테이블로부터, 제공한다. 사인-코사인 변환기의 변환기 회로는 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여 위상 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 변환기 출력 신호로 제공한다. 이러한 방식으로, 정정 값들은, 전체 단위 원에 대한 많은 수들의 사인-코사인 값들을 저장할 필요없이, 동일한 정정 값들을 갖는 위상 각도들에 대해 반복적으로 적용될 수 있는 메인 사인-코사인 엔드포인트들로부터 계산될 수 있다.

[0008] 또 다른 실시예에서, 주파수 생성기가 제공된다. 주파수 생성기는 위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하기 위한 수단을 포함한다. 주파수 생성기는 또한 위상 입력으로서 위상 신호를 수신하기 위한 수단을 포함한다. 주파수 생성기는 또한 출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성하기 위한 수단을 포함하고, 사인-코사인 곡선 값은 미리 정의된 허용 오차 내에서 위상 각도에서의 사인-코사인 값과 대략 동일하다. 주파수 생성기는 또한 제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들로 구성된 포인트 룩업 테이블을 저장하기 위한 수단을 포함하고, 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함한다. 주파수 생성기는 또한 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 제 1 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 미리 정의된 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나

타내는 복수의 정정 값들로 구성된 정정 룩업 테이블을 저장하기 위한 수단을 포함한다. 주파수 생성기는 또한 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를 포인트 룩업 테이블로부터 선택하기 위한 수단을 포함한다. 주파수 생성기는 또한 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을 정정 룩업 테이블로부터 선택하기 위한 수단을 포함한다. 주파수 생성기는 또한 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여 사인-코사인 곡선 값 출력 신호를 생성하기 위한 수단에서 위상 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 생성하기 위한 수단을 포함한다.

[0009] 또 다른 실시예에서, 주파수 신호를 생성하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 위상 누적기를 통해 위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하는 단계 및 사인-코사인 변환기 회로에서 위상 입력으로서 위상 신호를 수신하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한, 제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 포함하는 포인트 룩업 테이블로부터, 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를 변환기 회로에서 수신하는 단계를 포함하고, 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 간격들 중에서 정해진 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함한다. 상기 방법은 또한 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 간격들의 제 1 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 정정 값들을 포함하는 정정 룩업 테이블로부터, 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을 사인-코사인 변환기 회로에서 수신하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 변환기 출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성하는 단계를 포함한다. 사인-코사인 곡선 값은 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여 미리 정의된 허용 오차 내에서 위상 각도에서의 사인-코사인 값과 대략 동일하다.

[0010] 또 다른 실시예에서, 컴퓨터-판독 가능 매체가 제공된다. 컴퓨터-판독 가능 매체는, 주파수 생성기로 하여금 위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하게 하고, 위상 입력으로서 위상 신호를 수신하게 하기 위한 컴퓨터-실행 가능 명령들을 저장한다. 컴퓨터-실행 가능 명령들은 또한 주파수 생성기로 하여금 제 1 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 포함하는 포인트 룩업 테이블로부터, 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를 수신하게 하고, 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 간격들 중에서 정해진 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함한다. 컴퓨터-실행 가능 명령들은 또한 주파수 생성기로 하여금 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 간격들의 제 1 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 간격들 중에서 정해진 각도들에서의 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 정정 값들을 포함하는 정정 룩업 테이블로부터, 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을 수신하게 한다. 컴퓨터-실행 가능 명령들은 또한 주파수 생성기로 하여금 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여, 변환기 출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성하게 하고, 사인-코사인 곡선 값은 미리 정의된 허용 오차 내에서 위상 각도에서의 사인-코사인 값과 대략 동일하다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 고정확성 사인-코사인 파 생성을 위한 예시적인 사인-코사인(sin-cos) 변환기와 통신하는 위상 누적기의 블록도이다.

도 2는 메인 사인-코사인 엔드포인트들에 대한 포인트 룩업 테이블 및 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 사인-코사인 값들을 결정하기 위한 정정 룩업 테이블을 사용하는 고정확성 사인-코사인 파 생성을 위한 예시적인 사인-코사인 변환기의 블록도이다.

도 3은 π/4 라디안의 8 개의 세그먼트들로 분리된 예시적인 2π 라디안 단위 원의 도면이다.

도 4는 π/32 라디안 세그먼트들로 세분화된, 도 3의 2π 라디안 단위 원의 예시적인 π/4 라디안 섹터의 도면이다(각각 세그먼트는 메인 사인-코사인 엔드포인트를 가짐).

도 5는 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 생성하기 위한 감소된 크기 사인-코사인 값 룩업 테이블 및 중간 포인트들을 결정하기 위한 별개의 정정 룩업 테이블을 사용하는, 고정확성 사인 파 생성을 위한 또 다른 예시적인

사인-코사인 변환기의 블록도이다.

도 6은 정정 값 룩업 테이블의 2 개의 연관된 정정 값들 사이의 차이를 나타내는 복수의 델타 정정 값들로 구성된 부가적인 델타 정정 룩업 테이블을 사용하는, 고정확성 사인 파 생성을 위한 또 다른 예시적인 사인-코사인 변환기의 블록도이다.

도 7은 고정확성 사인-코사인 파 생성을 위한 본원에 개시된 예시적인 사인-코사인 변환기들을 포함할 수 있는 예시적인 프로세서-기반 시스템의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이제 도시한 도면들을 참조하여, 본 발명의 몇몇의 예시적인 실시예들이 설명된다. "예시적"이라는 단어는 "예, 실례, 또는 예시의 역할을 하는 것" 을 의미하도록 본원에 사용된다. "예시적인" 것으로서 본원에 설명된 임의의 실시예는 다른 실시예들에 비해 바람직하거나 또는 유리한 것으로 반드시 해석되지는 않는다.

[0013] 상세한 설명에 개시된 실시예들은 고정확성 사인 및/또는 코사인(sin-cos) 파 및 주파수 생성기들, 및 관련 시스템들 및 방법들을 포함한다. 본원에 개시된 비제한적인 실시예들에서, 사인-코사인 파 생성기들은 낮은 하드웨어 비용 및 작은 룩업 테이블 요구들로 사인-코사인 파 생성에 대한 높은 정확성의 사인-코사인 값들을 제공할 수 있다. 본원에 개시된 실시예들은 위상 입력에 기초하여 사인-코사인 곡선의 연산 근사화를 실시하기 위한 회로를 포함할 수 있다. 상기 회로는 포인트 룩업 테이블 및 정정 룩업 테이블과 통신할 수 있다. 상기 테이블들은 위상 입력을 수신하고, 위상과 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 및 위상에 대한 정정 값에 위상 입력을 매칭시킬 수 있다. 위상 입력에 기초하여 선택된 이러한 값들은, 사인-코사인 곡선 값을 발생시키는 값들에 연산 함수들이 적용되는 변환기 회로로 통신될 수 있다.

[0014] 이와 관련하여, 일 실시예에서, 주파수 생성기가 제공된다. 주파수 생성기는 위상 각도를 나타내는 위상 신호를 생성하도록 구성된 위상 누적기를 포함한다. 위상 누적기와 통신하는 사인-코사인 변환기는 위상 입력으로서 위상 신호를 수신한다. 사인-코사인 변환기는 변환기 출력으로서 사인-코사인 곡선 값을 생성한다. 사인-코사인 곡선 값은 미리 정의된 허용 오차 내에서 위상 각도에서의 사인-코사인 값과 대략 동일하다. 사인-코사인 변환기는 제 1 각도 범위 내에서 미리 정의된 간격들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들을 갖는 포인트 룩업 테이블을 더 포함한다. 메인 사인-코사인 엔드포인트들 각각은 간격들 중에서 정해진 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함한다. 사인-코사인 변환기는 또한 포인트 룩업 테이블 내의 2 개의 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들 사이의 제 2 각도 범위 내의 간격들의 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들과, 간격들 사이의 정해진 각도들에서의 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 복수의 정정 값들을 갖는 정정 룩업 테이블을 포함한다. 사인-코사인 변환기의 포인트 선택 회로는 위상 각도의 제 1 측과 연관된 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 위상 각도의 제 2 측과 연관된 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트를, 포인트 룩업 테이블로부터, 제공한다. 사인-코사인 변환기의 정정 선택 회로는 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 1 정정 값 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 상관된 제 2 정정 값을, 정정 룩업 테이블로부터, 제공한다. 사인-코사인 변환기의 변환기 회로는 제 1 메인 사인-코사인 엔드포인트 및 제 2 메인 사인-코사인 엔드포인트와 제 1 정정 값 및 제 2 정정 값에 기초하여 위상 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 제공한다. 이러한 방식으로, 정정 값들은, 전체 단위 원에 대한 많은 수들의 사인-코사인 값들을 저장할 필요없이, 동일한 정정 값들을 갖는 위상 각도들에 대해 반복적으로 적용될 수 있는 메인 사인-코사인 엔드포인트들로부터 계산될 수 있다.

[0015] 이와 관련하여, 도 1은 예시적인 주파수 생성기(10)의 블록도이다. 주파수 생성기는 아래에 더 상세히 논의되는 바와 같이, 낮은 하드웨어 비용 및 작은 룩업 테이블 요구들을 갖는 예시적인 고정확성 사인-코사인 생성기(12)와 통신하는 위상 누적기(11)를 포함한다. 위상 누적기(11)는 사인-코사인 값을 생성하기 위해 입력 신호(14)를 수신하도록 구성된다. 위상 누적기(11)는 입력 신호(14)를 수신하고, 입력 신호(14)의 위상 각도를 나타내는 위상 신호(16)를 생성하도록 구성된다. 위상 누적기(11)는 위상 누적기(11)의 이전 출력(위상 신호)(16) 및 입력 신호(14)를 함께 합산하기 위한 합산기를 포함할 수 있다. 위상 누적기(11)는 위상 누적기(11)에 의해 생성된 위상 신호(16)에 의해 표현되는 위상 값을 저장하기 위한, 레지스터와 같은 저장 유닛(18)을 포함한다. 주기적인 간격들로, 위상 누적기(11)는 입력 신호(14)와 합산된, 저장 유닛(18)으로부터 획득되는 이전 위상 신호(16)를 포함하는 위상 신호(16)를 생성한다. 결과적인 위상 신호(16)는 이산 파형(discrete waveform)이고, 위상 각도를 나타내는 위상 신호의 이산 인스턴스들을 제공한다. 위상 누적기(11)의 구현은 다양할 수 있다. 예를 들면, 위상 누적기(11)의 컴포넌트들의 이전 예는 다양한 하드웨어 또는 소프트웨어 구성

들에 의해 구현될 수 있다.

[0016] 도 1을 계속해서 참조하면, 입력 신호(14)의 위상 각도를 나타내는 위상 신호(16)는 사인-코사인 변환기(12)에 입력된다. 사인-코사인 변환기(12)는 변환기 출력 신호(20)로서 사인-코사인 곡선 값을 생성한다. 변환기 출력 신호(20)에 의해 표현되는 사인-코사인 곡선 값은 미리 정의된 허용 오차 내에서 위상 신호(16)에 의해 표현되는 위상 각도에서의 사인-코사인 값과 대략 동일할 수 있다. 본 발명의 나머지는, 위상 신호(16)로부터 도출된 위상 입력(22)(도 2, 도 5 및 도 6 참조)에 기초하여 고정확성 사인-코사인 곡선 값들을 생성할 수 있는 저가 사인-코사인 변환기(12)의 예시적인 실시예들 및 예들을 제공한다.

[0017] 이와 관련하여, 도 2는 도 1의 주파수 생성기(10)에서 사용될 수 있는 예시적인 사인-코사인 변환기(12(1))의 블록도이다. 이러한 실시예에서 사인-코사인 변환기(12(1))는 위상 입력(22)을 변환기 출력 신호(20)에서의 사인-코사인 값(위상 입력(22)의 위상 각도에서 사인-코사인 곡선에 대한 사인 값 및 코사인 값으로 구성됨)으로 변환하는데 사용되는 작은 크기의 룩업 테이블들로 인해 낮은 하드웨어 비용들을 갖는다. 이러한 실시예에서, 사인-코사인 변환기(12(1))는 포인트 룩업 테이블(26), 정정 룩업 테이블(28) 및 변환기 회로(30)를 포함한다. 포인트 룩업 테이블(26)은 단위 원(32)(도 3 참조) 상의 다양한 포인트들에 대응하는 적어도 하나의 데이터 세트를 포함하고, 정정 룩업 테이블(28)은 단위 원(32) 상의 2 개의 포인트들 사이의 다양한 각도들에 대응하는 정정 값들(48)의 적어도 하나의 데이터 세트를 포함한다. 포인트 룩업 테이블(26) 및 정정 룩업 테이블(28)의 데이터 세트들은 다양한 데이터 구조들에 의해 구현되거나, 다양한 형태들의 메모리 상에 저장될 수 있다.

[0018] 포인트 룩업 테이블(26)은 제 1 각도 범위(38)(도 3 및 도 4 참조) 내의 미리 정의된 간격들(36)(도 4 참조)의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)(도 4 참조)을 포함한다. 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 각각은 미리 정의된 간격들(36) 중에서 정해진 위상 각도에서의 사인-코사인 곡선 값을 포함한다. 따라서, 정해진 위상 각도에 대한 사인(sin) 값 및 코사인(cos) 값이 포인트 룩업 테이블(26)에서 제공된다. 사인 파 생성에 대해 요구된 정확성 레벨에 의존하여 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)이 미리 결정된 수의 유효 숫자들에 대해 제공될 수 있다. 마찬가지로, 미리 정의된 간격들(36)의 수 및 크기는 포인트 룩업 테이블(26) 내의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)의 수를 결정할 것이다. 더 작은 미리 정의된 간격들(36)에 존재하는 더 많은 값들은 사인 파 생성의 정확성을 증가시킬 수 있다.

[0019] 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)은 미리 계산되고, 저장되거나, 하드코딩될 수 있어서, 사인 파를 생성할 때, 이러한 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)은 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)이 필요로 되는 순간에 계산될 필요가 없다. 이러한 접근법은 사인 파를 생성하는데 필요로 되는 하드웨어의 비용을 감소시킬 수 있는데, 왜냐하면 이러한 접근법이 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 컴퓨팅하기 위한 하드웨어에 대한 필요성을 제거하기 때문이다. 마찬가지로, 프로세싱 전력 및 시간의 손실이 또한 감소되는데, 왜냐하면, 운영 부담이 크고 시간을 소비하는 계산들 대신에, 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)만이 액세스되어 판독되기 때문이다.

[0020] 포인트 룩업 테이블(26)은, 제 1 각도 범위(38)가 크거나 및/또는 미리 정의된 간격들(36)이 작은 경우에 엄청나게 크게 될 수 있어서, 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 저장하기 위한 대용량의 메모리를 요구한다. 본원에는 정확성과 효율 사이의 트레이드오프가 있다. 고레벨의 정확성을 유지하면서, 포인트 룩업 테이블(26)에 저장되는 값들을 감소시키기 위해, 일 실시예에서, 단위 원(32) 내의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)에 대해 존재하는 삼각 항등식들(trigonometric identities)이 이용될 수 있다. 이와 관련하여, 도 3은 π/4 라디안(또는 45 도)의 8 개의 세그먼트들로 분리된 2π 라디안 단위 원(32)의 도면이다.

[0021] π/4 라디안 세그먼트들 각각에서, 정해진 각도들의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)이 반복된다. 그러나, 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)은 니게이팅(negate)되거나 사인 값과 코사인 값 사이에서 스위칭될 수 있다. 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 차이들(discrepancies)이 확인되면, 포인트 룩업 테이블(26)은 제 1 각도 범위(38) 중에서 정해진 각도들에 대한 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 모두를 나타내는데 필요한 값들의 1/8을 포함할 수 있다. 본 예에서 논의되는 단위 원(32)의 분리는 배타적인 것으로 의미되지 않고, 단위 원(32)의 다른 분리들은, 원하는 레벨의 정확성을 유지하면서, 포인트 룩업 테이블(26)의 크기를 감소시키기 위해 삼각 항등식들을 이용할 수 있다.

[0022] 이와 관련하여, 그리고 계속해서 이러한 예에서, 도 4는, π/32 라디안 세그먼트들(미리 정의된 간격들 36(0)-36(7))(각각은 메인 사인-코사인 엔드포인트(34(0)-34(7))를 가짐)에 의해 세분되는, 도 3의 2π 라디안 단위 원(32)의 π/4 라디안 세그먼트(제 1 각도 범위(38))의 도면이다. π/32 라디안의 8 개의 미리 정의된 간격들(36(0)-36(7))로의 π/4 라디안 세그먼트의 분리는 포인트 룩업 테이블(26)에 저장되는 열 여섯(16) 개의 메인

사인-코사인 엔드포인트들(34(0)-34(7))(여덟(8) 개의 사인 값들 및 여덟(8) 개의 코사인 값들 또는 여덟(8) 개의 사인-코사인 곡선 값들)을 발생시킨다. 단위 원(32)의 삼각 항등식들 및 이러한 예에서, 단위 원(32)이 여덟(8) 개의 세그먼트들로 분리되었다는 사실을 이용하면, 포인트 룩업 테이블(26)의 열 여섯(16) 개의 값들은 단위 원(32) 상의 상이한 각도들에서의 128 개의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34(0)-34(127))(육십 사(64) 개의 사인 값들 및 육십 사(64) 개의 코사인 값들, 또는 육십 사(64) 개의 사인-코사인 곡선 값들)을 나타내는데 사용될 수 있다.

[0023] 이와 관련하여, 도 2의 포인트 룩업 테이블(26)은, 포인트 룩업 테이블(26)로부터, 위상 입력(22)의 위상 각도의 어느 한 측과 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 제공하기 위한 포인트 선택 회로(40)를 포함할 수 있다. 포인트 선택 회로(40)의 컴포넌트들은 선택기(42), 스위치(44) 및 니게이터(46)를 포함할 수 있다. 선택기(42)는 제 1 각도 범위(38) 내의 동일한 위상 각도를 나타내는 위상 입력(22)의 기준 위상 각도에 상관되는 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 선택하도록 구현될 수 있다. 따라서, 위상 입력(22)의 위상 각도가 제 1 각도 범위(38) 외부에 있을지라도, 올바른 연관된 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)이 선택될 수 있다. 스위치(44) 및 니게이터(46)는, 자신들의 삼각 항등식들을 사용하는 동안에 사인 값과 코사인 값 사이에서 스위칭되거나 니게이팅되는 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 확인하도록 구현될 수 있다. 스위치(44)는 필요할 때 위상 입력(22)의 위상 각도에 상관되는 메인 사인-코사인 엔드포인트(34) 값들을 스위칭하도록 구현될 수 있다. 니게이터(46)는 필요할 때 위상 입력(22)의 위상 각도에 상관되는 메인 사인-코사인 엔드포인트(34) 값들 중 하나 또는 둘 모두를 니게이팅하도록 구현될 수 있다. 메인 사인-코사인 엔드포인트(34) 값들을 스위칭하거나 니게이팅하기 위한 결정들은 위상 입력(22)에 의해 제공되는 위상 각도에 의존하는데, 왜냐하면 위상 각도가 포인트 룩업 테이블(26)에 저장된 것과는 단위 원(32)의 상이한 세그먼트에 마지막 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 배치할 수 있기 때문이다.

[0024] 효율 및 정확성의 중요성들로 인해, 포인트 룩업 테이블(26)은 단독으로는 원하는 정확성의 사인-코사인 값들을 생성하기에 불충분할 수 있다. 포인트 룩업 테이블(26)이 크면, 효율이 악화되고, 포인트 룩업 테이블(26)이 작으면, 정확성이 악화된다. 일 실시예에서, 정정 룩업 테이블(28)은 정확성 및 효율 둘 모두를 달성하기 위해 포인트 룩업 테이블(26)과 관련하여 사용될 수 있다. 정정 룩업 테이블(28)은 포인트 룩업 테이블(26) 내의 2 개의 인접한 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이의 제 2 각도 범위 내의 간격들의 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)과, 제 2 각도 범위 내의 간격들 중에서 정해진 각도들의 사인-코사인 곡선 값들의 근사치들 사이의 차이를 나타내는 다수의 정정 값들(48)을 포함할 수 있다. 포인트 룩업 테이블(26)과 같이, 정정 룩업 테이블(28)의 정정 값들(48)은 사인 파 생성을 위해 요구된 정확성 레벨에 의존하여 미리 결정된 수의 유효 숫자들에 대해 제공될 수 있다. 마찬가지로, 제 2 각도 범위 내의 간격들의 수 및 크기는 정정 룩업 테이블(28) 내의 정정 값들(48)의 수를 결정할 것이고, 여기서 더 작은 간격들에 존재하는 더 많은 값들은 사인 파 생성의 정확성을 증가시킬 수 있다.

[0025] 또한, 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)과 마찬가지로, 정정 값들(48)은 미리 계산되고, 저장되거나, 하드코딩될 수 있어서, 사인 파를 생성할 때, 이러한 정정 값들(48)은 정정 값들(48)이 필요로 되는 순간에 계산될 필요가 없다. 정정 값들(48)의 이러한 사전 결정 및 저장은 사인 파를 생성하는데 필요로 되는 하드웨어의 비용을 감소시킬 수 있는데, 왜냐하면 이것이 정정 값들(48)을 컴퓨팅하기 위한 하드웨어에 대한 필요성을 제거하기 때문이다. 프로세싱 전력 및 시간의 손실이 또한 감소되는데, 왜냐하면, 운영 부담이 크고 시간을 소비하는 계산들 대신에, 단지 필요한 것은 정정 값들(48)이 액세스되어 판독되어야 하는 것이기 때문이다.

[0026] 여전히, 정정 룩업 테이블(28)이 너무 크게 되는 경우에 정정 값들(48)에서 문제점이 존재할 수 있다. 이것은, 제 2 각도 범위 내의 미리 정의된 간격들(36)이 작아서 정정 값들(48)을 저장하기 위한 대용량의 메모리를 요구하는 경우에, 발생할 수 있다. 그러나, 정정 값들(48)의 계산의 특징은 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)의 사인 값 및 코사인 값 둘 모두에 대한 단일 데이터 세트가 저장되도록 허용하여, 본원에 추가로 논의되는 바와 같이, 메모리 요구들을 줄인다.

[0027] 일 실시예에서, 2 개의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이의 위상 각도에 대한 사인-코사인 곡선 값들의 근사치가 사용될 수 있다. 그러나, 심지어 제 1 각도 범위(38)에 대한 다양한 미리 정의된 간격들(36) 내의 다수의 위상 각도들에 대한 근사치를 계산 또는 저장하는 것은 비용이 많이 들 수 있다. 정확한 사인 파들을 생성하는 비용들을 감소시키기 위해, (근사치 자체를 사용하는 대신에) 정정 값들(48)이 근사치들로부터 계산되고, 다양한 반복되는 각도 범위들 내의 다수의 미리 정의된 간격들(36) 내의 동일한 위상 각도들에 대해 반복적으로 적용될 수 있다는 것이 본원에서 결정된다. 이로써, 정정 값들(48)만이 제 1 각도 범위(38)의 하나

의 미리 정의된 간격(36)에 대해 계산되어 저장되어야 한다.

[0028] 예시적인 실시예는 Buneman 항등식을 사용하는 접근법을 적용하고, 여기서는 삼각 항등식에 기초하여, 미지의 값('a')의 어느 한 측에서 등거리인 2 개의 포인트들('d' 및 '-d')이 알려진 경우에, 그들 사이의 값에 대한 정확한 해결책이 존재한다.

[0029] $$e^{ja} = \frac{1}{2}\frac{e^{j(a+d)}+e^{j(a-d)}}{\cos d}$$

[0030] 이러한 항등식은 2 개의 다른 알려진 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이의 사인-코사인 엔드포인트(34) 값들을 결정하는데 사용될 수 있다. 따라서, 한 쌍의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)로 시작하여, 다음의 수학식은 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트(34)를 결정하기 위해 한 쌍의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이에 재귀적으로 적용될 수 있다. 이어서, 그 수학식은, 아래에 도시된 바와 같이, 다른 사인-코사인 엔드포인트(34)를 결정하기 위해 그 쌍 내의 2 개의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 중 하나와 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트(34) 사이에, 그리고 심지어 또 다른 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트(34)를 결정하기 위해 2 개의 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이에 적용될 수 있다('Δ'는 각도 'x'의 각각의 측에서의 거리임).

[0031] $$\cos(x) = \frac{\cos(x-\Delta)+\cos(x+\Delta)}{2\cos(\Delta)}$$

[0032] 이러한 재귀적인 계산들로부터, 다수의 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)이 계산될 수 있다. 이러한 계산의 특징은, 수학식에 대한 대입(substitution)이 하위 계수에 의해 곱셈되는 $\cos(x_0)$ 및 상위 계수에 의해 곱셈되는 $\cos(x_n)$의 함수로서 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 각각에 대한 수학식들을 도출할 수 있다는 것이다. 바로 이전의 수학식이 $\cos(x_0)$ 및 $\cos(x_n)$의 함수로서 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트(34)를 도출하는데 사용될 때, $\cos(x_0)$ 항에 대한 시컨트-기반 계수(secant-based coefficient)(즉, 상위 계수) 및 $\cos(x_n)$ 항에 대한 시컨트-기반 계수(즉, 하위 계수)가 제공될 것이다. 이것은, 예로서, n=8일 때 $\cos(x_0)$ 및 $\cos(x_n)$의 함수로서 제공된 $\cos(x_1)$ 내지 $\cos(x_7)$에 대해 도출 및 플랫튼된(flattened) 수학식들에 대한 바로 아래의 수학식들에 도시된다. 이러한 상위 및 하위 계수들은 $\cos(x_0)$ 및 $\cos(x_n)$의 함수로서 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 결정하기 위해 사인-코사인 엔드포인트들(34)(즉, $\cos(x+\Delta)$, $\cos(x-\Delta)$, $\sin(x+\Delta)$, $\sin(x-\Delta)$)에 적용될 수 있다.

$$\cos(x_1) = \left[\frac{1}{2\cos(\Delta)} + \frac{1}{4\cos(2\Delta)\cos(\Delta)} + \frac{1}{8\cos(\Delta)\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)}\right]\cos(x_0) + \frac{1}{8\cos(4\Delta)\cos(2\Delta)\cos(\Delta)}\cos(x_8)$$

$$\cos(x_2) = \left[\frac{1}{2\cos(2\Delta)} + \frac{1}{4\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)}\right]\cos(x_0) + \frac{1}{4\cos(4\Delta)\cos(2\Delta)}\cos(x_8)$$

$$\cos(x_3) = \left[\frac{1}{4\cos(\Delta)\cos(4\Delta)} + \frac{1}{4\cos(\Delta)\cos(2\Delta)} + \frac{1}{8\cos(\Delta)\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)}\right].\cos(x_0) + \left[\frac{1}{8\cos(4\Delta)\cos(2\Delta)\cos(\Delta)} + \frac{1}{4\cos(\Delta)\cos(4\Delta)}\right]\cos(x_8)$$

$$\cos(x_4) = \frac{1}{2\cos(4\Delta)}\cos(x_0) + \frac{1}{2\cos(4\Delta)}\cos(x_8)$$

$$\cos(x_5) = \left[\frac{1}{4\cos(\Delta)\cos(4\Delta)} + \frac{1}{8\cos(\Delta)\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)}\right]\cos(x_0) + \left[\frac{1}{8\cos(\Delta)\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)} + \frac{1}{4\cos(\Delta)\cos(2\Delta)} + \frac{1}{4\cos(\Delta)\cos(4\Delta)}\right]\cos(x_8)$$

$$\cos(x_6) = \frac{1}{4\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)}\cos(x_0) + \left[\frac{1}{4\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)} + \frac{1}{2\cos(2\Delta)}\right]\cos(x_8)$$

$$\cos(x_7) = \frac{1}{8\cos(\Delta)\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)}\cos(x_0) + \left[\frac{1}{8\cos(\Delta)\cos(2\Delta)\cos(4\Delta)} + \frac{1}{4\cos(\Delta)\cos(2\Delta)} + \frac{1}{2\cos(2\Delta)}\right]\cos(x_8)$$

[0033]

[0034] 이러한 계수들은 사용을 위해 미리 계산되어 메모리에 저장될 수 있다. 예를 들면, 아래의 표 1에 도시된 이러한 계수들의 다음의 예에서, 상위 계수들 또는 하위 계수들만이 저장되고 정정 값들(48)로서 사용될 필요가 있을 수 있는데, 왜냐하면, 아래의 테이블 1에 도시된 바와 같이 중앙 인덱스 값을 중심으로 반대쪽 인덱스 값들로부터의 상위 계수들은 하위 계수들과 동일하기 때문이라는 것이 유의되어야 한다. 따라서, 상위 계수들은 하위 계수들을 제공하는데 사용될 수 있고, 그 역도 가능하다.

인덱스	상위 계수	하위 계수	램프	델타
0	0.000000	1.000000	0.000000	0.00000000
1	0.062902	0.938232	0.062500	0.00040183
2	0.125794	0.876322	0.125000	0.00079419
3	0.188668	0.814280	0.187500	0.00116760
4	0.251513	0.752116	0.250000	0.00151260
5	0.314320	0.689838	0.312500	0.00181972
6	0.377080	0.627456	0.375000	0.00207951
7	0.439783	0.564980	0.437500	0.00228251
8	0.502419	0.502419	0.500000	0.00241929
9	0.564980	0.439783	0.562500	0.00248040
10	0.627456	0.377080	0.625000	0.00245642
11	0.689838	0.314320	0.687500	0.00233795
12	0.752116	0.251513	0.750000	0.00211560
13	0.814280	0.188668	0.812500	0.00177998
14	0.876322	0.125794	0.875000	0.00132173
15	0.938232	0.062902	0.937500	0.00073151
16	1.000000	0.000000	1.000000	0.00000000

[0035]

[0036] 테이블 1: 정정 값 테이블

[0037] 위의 테이블 1의 램프 값은 Buneman 항등식을 사용하여 계산된 정확한 값들의 선형 보간이다. 작은 간격들에 대해, 선형 보간 값들은 상위 계수 값들에 가깝지만, 원하는 정확성을 달성하기에 충분히 가깝지는 않다. 따라서, 정정 값(48)(테이블 1의 델타)은 상위 계수와 램프 값 사이의 차이로서 계산될 수 있다. 또한, 상위 계수 및 하위 계수가 중앙 값을 중심으로 반대쪽 끝에서부터 서로를 미러링(mirror)하기 때문에, 정정 룩업 테이블(28)에서 정정 값들(8)의 하나의 세트만이 필요로 되는데, 왜냐하면 하위 계수에 대한 대응하는 정정 값(48)의 선택이 정정 값(48)을 선택하는 순서를 반전시킴으로써 선택될 수 있기 때문이다.

[0038] 정정 룩업 테이블(28)은 정정 룩업 테이블(28)로부터 정정 값(48)을 제공하기 위한 정정 선택 회로(50)를 포함할 수 있다. 정정 선택 회로(50)는 위상 각도의 하나의 측 상에서 메인 사인-코사인 엔드포인트(34)와 상관된 정정 값(48)을 선택하고, 위상 각도의 다른 측 상에서 메인 사인-코사인 엔드포인트(34)와 상관된 정정 값(48)을 선택한다. 일 실시예에서, 이러한 결정은 위상 입력(22)에 기초하여 이루어질 수 있다. 대안적으로, 그 결정은 포인트 룩업 테이블(26)로부터 선택된 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)에 기초하여 이루어질 수 있다.

[0039] 본원에 추가로 설명되는 변환기 회로(30)는 포인트 룩업 테이블(26)로부터 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 수신하고, 정정 룩업 테이블(28)로부터 정정 값들(48)을 수신한다. 테이블들로부터의 값들 및 위상 입력(22)을 사용하여, 변환기 회로(30)는 정해진 위상 각도에 대한 사인-코사인 곡선 값을 계산한다.

[0040] 도 5는 낮은 하드웨어 비용들 및 작은 룩업 테이블 요구들로 고정확성 사인 파 생성을 위한 예시적인 장치(사인-코사인 변환기(12(2)))의 블록도이다. 이러한 도면에서, 변환기 회로(30)가 더 상세히 도시된다. 변환기 회로(30)의 컴포넌트들은 1차 곱셈기(52), 감산기(54), 2차 곱셈기(56), 및 1차 합산기(58)를 포함할 수 있다. 일단 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)이 포인트 룩업 테이블(26)로부터 선택되고, 대응하는 정정 값들(48)이 정정 룩업 테이블(28)로부터 선택되면, 사인-코사인 엔드포인트들(34)의 사인 또는 코사인 값들의 대응하는 쌍 및 정정 값들(48)이 1차 곱셈기(52)에 의해 곱셈된다. 일 실시예에서, 2 개의 1차 곱셈기들(52)이 구현되는데, 각각의 1차 곱셈기(52)는 사인-코사인 엔드포인트들(34)의 사인 또는 코사인 값들의 대응하는 쌍들 중 하나 및 정정 값들(48)을 곱셈하는 것을 담당한다. 사인-코사인 곡선 값의 사인 값을 계산할 때, 하나의 1차 곱셈기(52)는 위상 각도의 하나의 측의 사인 값 및 대응하는 정정 값(48)을 곱셈하고, 다른 1차 곱셈기(52)는 위상 각도의 다른 측의 사인 값 및 대응하는 정정 값(48)을 곱셈한다. 단지 하나의 1차 곱셈기(52)가 존재하면, 이러한 프로세스는 2 개의 1차 곱셈기들(52)이 존재할 때와 같이 병렬보다는 직렬로 발생한다.

[0041] 1차 곱셈기(52)로부터의 결과들은 감산기(54)에 의해 서로로부터 감산된다. 결과적인 차이는 2차 곱셈기(56)에 의해 위상 입력(22)과 곱셈된다. 이어서, 1차 곱셈기(52)로부터의 결과, 2차 곱셈기(56)로부터의 결과, 및 메인 사인-코사인 엔드포인트(34) 값들 중 하나가 1차 합산기(58)에 의해 함께 합산된다. 대안적인 실시예에서, 라운딩 비트가 또한 1차 합산기(58)에 의해 합산될 수 있다. 1차 합산기(58)의 결과적인 합은, 1차 곱셈기(5

2)에서 곱셈된 값들이 메인 사인-코사인 엔드포인트(34)의 사인 곡선 값인지 또는 코사인 곡선 값이었는지에 의존하여 정해진 위상 각도에 대한 사인-코사인 곡선 값의 사인 또는 코사인 곡선 값 중 어느 하나이다. 사인-코사인 곡선 값의 사인 또는 코사인 곡선 값들 중 제 1의 값이 적어도 계산되기 시작한 후에, 사인-코사인 곡선 값의 다른 값이 계산되기 시작할 수 있다.

[0042] 사인-코사인 곡선 값들이 직렬로 계산되는 계산에 대한 대안으로서, 1차 곱셈기(52), 감산기(54), 2차 곱셈기(56) 및 1차 합산기(58)의 제 2 세트가 존재할 수 있다. 그러한 대안적인 실시예는 사인-코사인 곡선 값의 사인 값 및 코사인 값의 계산이 병렬로 계산되도록 허용할 수 있다.

[0043] 이러한 예에서, 단위 원(32)은 0 내지 π/8 라디안인 제 1 각도 범위(38)로 세그먼트화된다. 그 각도 범위에서, 단위 원(32)의 항등식들은, 미리 계산되어 포인트 룩업 테이블(26)에 저장되는 열 여섯(16) 개의 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)(여덟(8) 개의 사인 값 및 8 개의 코사인 값들)을 제공한다. 0 내지 π/64 라디안의 범위에 걸쳐 있는, 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이의 미리 정의된 간격들(36) 내에서, 서른 두(32) 개의 정정 값들(48)이 미리 계산되어 정정 룩업 테이블(28)에 저장된다. Θ는 위상 각도를 나타내고, φ는 제 1 각도 범위(38) 내의 Θ와 동일한 각도를 나타내고, δ는 가장 가까운 정정 값들(48)을 선택하는데 사용되는 서브-각도를 나타내고, sintable(φ), sintable(φ+π/64), costable(φ), costable(φ+π/64)는 메인 사인-코사인 엔드포인트들(34)을 선택하기 위한 함수들이고, bctable(δ) 및 bctable(π/64-δ)는 정정 값들(48)의 선택을 위한 함수들이고, 사인-코사인 곡선 값의 계산의 수학적 표현은 다음과 같다.

$$\sin(\theta) = sintable(\varphi) + \left(sintable\left(\varphi + \frac{\pi}{64}\right) - sintable(\varphi)\right).\delta.\frac{64}{\pi} + sintable(\varphi).bctable\left(\frac{\pi}{64} - \delta\right) + sintable\left(\varphi + \frac{\pi}{64}\right).bctable(\delta)$$

$$\cos(\theta) = costable(\varphi) + \left(costable\left(\varphi + \frac{\pi}{64}\right) - costable(\varphi)\right).\delta.\frac{64}{\pi} + costable(\varphi).bctable\left(\frac{\pi}{64} - \delta\right) + costable\left(\varphi + \frac{\pi}{64}\right).bctable(\delta)$$

[0044]

[0045] 도 6은 낮은 하드웨어 비용들 및 작은 룩업 테이블 요구들로 고정확성 사인 파 생성을 위한 예시적인 장치(사인-코사인 변환기(12(3)))의 블록도이다. 도 6의 실시예는 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이에 선형 보간을 도입함으로써 사인-코사인 곡선 값의 계산에서 훨씬 더 높은 정확성을 허용할 수 있다. 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이의 각도는 작을 수 있어서, 정확한 사인-코사인 곡선 값으로부터의 임의의 편차가 원하는 정확성 레벨을 넘을 수 있다. 서브-메인 사인-코사인 엔드포인트들(34) 사이의 이러한 선형 보간을 통합하기 위해, 변환기 회로(30)는 또한 델타 정정 룩업 테이블(60), 3차 곱셈기(62), 2차 합산기(64) 및 4차 곱셈기(66)를 포함할 수 있다.

[0046] 델타 정정 룩업 테이블(60)은 정정 룩업 테이블(28)로부터의 각각의 연관된 정정 값들(48) 사이의 차이를 포함한다. 델타 정정 값들(68)은, 정정 선택 회로(50)가 정정 값들(48)을 선택하는 동일한 방법으로 델타 정정 선택 회로(70)에 의해 델타 정정 룩업 테이블(60)로부터 선택된다.

[0047] 3차 곱셈기(62)는, 메인 사인-코사인 엔드포인트(34) 값들과 정정 값들(48)을 곱셈하는 대신에, 3차 곱셈기(62)가 메인 사인-코사인 엔드포인트(34) 값들과 각각의 델타 정정 값들(68)을 곱셈하는 것을 제외하면, 1차 곱셈기(52)와 동일하게 기능한다. 1차 곱셈기(52)와 같이, 하나보다 더 많은 3차 곱셈기(62)가 존재할 수 있다. 2차 합산기(64)는 3차 곱셈기(62)의 결과들 및 감산기(54)로부터의 결과적인 차이를 합산한다. 2차 합산기(64)로부터의 결과적인 합은 4차 곱셈기(66)에 의해 위상 입력(22)과 곱셈된다. 이러한 실시예에서, 1차 합산기(58)는 자신의 합계(summation)에서 4차 곱셈기(66)로부터의 결과를 포함한다.

[0048] 사인-코사인 곡선 값을 계산하는 이전 실시예들에서와 같이, 사인 곡선 값 및 코사인 곡선 값은 직렬로 계산될 수 있거나, 본원에 언급된 구조가 값들을 병렬로 계산할 수 있도록 복제될 수 있다.

[0049] 본원에 개시된 실시예들에 따른 고정확성 사인-코사인 파 및 주파수 생성기들은 임의의 프로세서-기반 디바이스에 제공되거나 통합될 수 있다. 비제한적인 예들은 셋 톱 박스, 엔터테인먼트 유닛, 내비게이션 디바이스, 통신 디바이스, 고정 위치 데이터 유닛, 모바일 위치 데이터 유닛, 모바일 폰, 셀룰러 폰, 컴퓨터, 휴대용 컴퓨터, 데스크 톱 컴퓨터, PDA(personal digital assistant), 모니터, 컴퓨터 모니터, 텔레비전, 튜너, 라디

오, 위성 라디오, 음악 플레이어, 디지털 음악 플레이어, 휴대용 음악 플레이어, 디지털 비디오 플레이어, 비디오 플레이어, 디지털 비디오 디스크(DVD) 플레이어, 및 휴대용 디지털 비디오 플레이어를 포함한다.

[0050] 이와 관련하여, 도 7은, 예를 들면, 도 1의 주파수 생성기(10)와 같을 수 있는 주파수 생성기(73)를 사용할 수 있는 프로세서-기반 시스템(72)의 예를 예시한다. 이러한 예에서, 주파수 생성기(73)는, 예로서, 도 1 내지 도 4에 제공된 것과 같이, 낮은 하드웨어 비용들 및 작은 룩업 테이블 요구들을 갖는 고정확성 사인 파 생성기이다. 이러한 예에서, 프로세서-기반 시스템(72)은 하나 이상의 CPU들(central processing units)(74)을 포함한다. 이러한 예에서, 주파수 생성기(73)가 CPU(74)에 제공되지만, 프로세서-기반 시스템(72) 내의 다른 곳에 제공될 수 있다. CPU(들)(74)는 마스터 디바이스일 수 있다. CPU(들)(74)는 시스템 버스(80)에 연결되고, 프로세서-기반 시스템(72)에 포함된 슬레이브 디바이스들 및 마스터 디바이스들을 상호 연결할 수 있다. 시스템 버스(80)는 버스 상호 접속부일 수 있다. 당업자들에게 잘 알려진 바와 같이, CPU(들)(74)는 시스템 버스(80)를 통해 어드레스, 제어 및 데이터 정보를 교환함으로써 이러한 다른 디바이스들과 통신한다. 슬레이브 디바이스의 예로서 기능하면, CPU(들)(74)는 버스 트랜잭션 요청들을 메모리 제어기(82)로 통신할 수 있다. 도 7에 예시되지 않지만, 다수의 시스템 버스들(80)이 제공될 수 있고, 여기서 각각의 시스템 버스(80)는 상이한 패브릭(fabric)을 구성한다.

[0051] 다른 마스터 및 슬레이브 디바이스들은 시스템 버스(80)에 접속될 수 있다. 도 7에 예시된 바와 같이, 이러한 디바이스들은 예들로서 메모리 시스템(84), 하나 이상의 입력 디바이스들(86), 하나 이상의 출력 디바이스들(88), 하나 이상의 네트워크 인터페이스 디바이스들(90) 및 하나 이상의 디스플레이 제어기들(92)을 포함할 수 있다. 입력 디바이스(들)(86)는, 입력 키들, 스위치들, 음성 프로세서들 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 타입의 입력 디바이스를 포함할 수 있다. 출력 디바이스(들)(88)는 오디오, 비디오, 다른 시각 표시기들 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 타입의 출력 디바이스를 포함할 수 있다. 네트워크 인터페이스 디바이스(들)(90)는 네트워크(94)로 및 네트워크(94)로부터의 데이터의 교환을 허용하도록 구성된 임의의 디바이스들일 수 있다. 네트워크(94)는 유선 또는 무선 네트워크, 사설 또는 공공 네트워크, LAN(local area network), WLAN(wide local area network) 및 인터넷을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 타입의 네트워크일 수 있다. 네트워크 인터페이스 디바이스(들)(92)는 원하는 임의의 타입의 통신 프로토콜을 지원하도록 구성될 수 있다. 메모리 시스템(84)은 하나 이상의 메모리 유닛들(96)을 포함할 수 있다. 아비터(98)는, 예를 들면, 메모리 시스템(84)에 제공된 메모리 유닛들(96)과 같이, 시스템 버스(80)에 연결된 마스터 및 슬레이브 디바이스들과 시스템 버스(80) 사이에 제공될 수 있다.

[0052] CPU(들)(74)는 또한 하나 이상의 디스플레이(들)(100)로 전송되는 정보를 제어하기 위해 시스템 버스(80)를 통해 디스플레이 제어기(들)(92)를 액세스하도록 구성될 수 있다. 디스플레이 제어기(들)(92)는 하나 이상의 비디오 프로세서들(102)을 통해 디스플레이되도록 정보를 디스플레이(들)(100)로 전송하고, 프로세서들(102)은 디스플레이될 정보를 디스플레이(들)(100)에 적합한 포맷으로 프로세싱한다. 디스플레이(들)(100)는 CRT(cathode ray tube), LCD(liquid crystal display), 플라즈마 디스플레이 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 타입의 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0053] CPU(들)(74) 및 디스플레이 제어기(들)(92)는 시스템 버스(80)를 통해 아비터(98)에 메모리 액세스 요청들을 하기 위한 마스터 디바이스들로서 작동할 수 있다. CPU(들)(74) 및 디스플레이 제어기(들)(92) 내의 상이한 스레드들은 아비터(98)에 요청들을 할 수 있다.

[0054] 본원에 개시된 실시예에 관련하여 설명된 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 회로들 및 알고리즘들이 전자 하드웨어, 메모리 또는 또 다른 컴퓨터-판독 가능 매체에 저장되고 프로세서 또는 다른 프로세싱 디바이스에 의해 실행되는 명령들, 또는 이둘의 조합들로서 구현될 수 있다는 것을 당업자들은 또한 인지할 것이다. 본원에 설명된 아비터들, 마스터 디바이스들 및 슬레이브 디바이스들은 예들로서 임의의 회로, 하드웨어 컴포넌트, 집적 회로(IC), 또는 IC 칩에서 사용될 수 있다. 본원에 개시된 메모리는 임의의 타입 및 크기의 메모리일 수 있고, 원하는 임의의 타입의 정보를 저장하도록 구성될 수 있다. 이러한 상호 교환 가능성을 명확히 예시하기 위해, 다양한 예시적인 컴포넌트들, 블록들, 모듈들, 회로들 및 단계들은 그들의 기능 면에서 일반적으로 상술되었다. 그러한 기능이 구현되는 방법은 특정 애플리케이션, 설계 선택들 및/또는 전체 시스템에 부여된 설계 제약들에 의존한다. 당업자들은 설명된 기능을 각각의 특정 애플리케이션에 대한 다양한 방식들로 구현할 수 있지만, 그러한 구현 결정은 본 발명의 범위에서 벗어나게 하는 것으로 해석되지 않아야 한다.

[0055] 본원에 개시된 실시예들과 관련하여 설명되는 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 및 회로들이 프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP), 주문형 집적 회로(ASIC), 필드 프로그래밍 가능한 게이트 어레이(FPGA) 또는 다른 프

로그래밍 가능한 논리 디바이스, 이산 게이트 또는 트랜지스터 논리, 이산 하드웨어 컴포넌트들 또는 본원에 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 이들의 임의의 조합으로 구현 또는 수행될 수 있다. 프로세서는 마이크로 프로세서일 수 있지만, 대안적으로, 프로세서는 임의의 종래의 프로세서, 제어기, 마이크로제어기, 또는 상태 머신일 수 있다. 프로세서는 컴퓨팅 디바이스들의 결합, 예를 들어, DSP 및 마이크로프로세서의 결합, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어와 공조하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 임의의 다른 이러한 구성들로서 또한 구현될 수 있다.

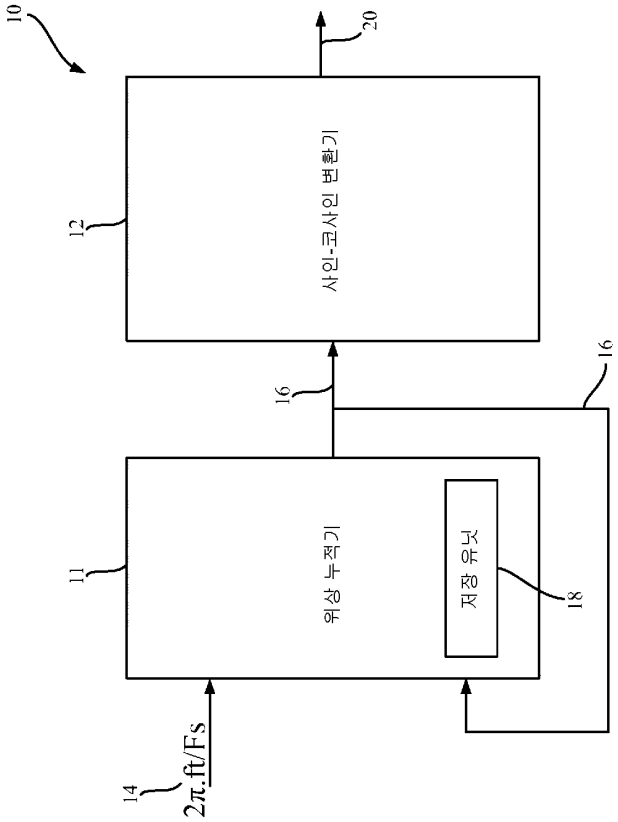
[0056] 본원에 개시된 실시예들은 하드웨어로, 및 하드웨어에 저장된 명령들로 구현될 수 있고, 예를 들면, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 플래쉬 메모리, 판독 전용 메모리(ROM), 전기적으로 프로그래밍 가능 ROM(EPROM), 전기적으로 소거 가능한 프로그래밍 가능 ROM(EEPROM), 레지스터들, 하드 디스크, 제거 가능 디스크, CD-ROM, 또는 당분야에 알려진 임의의 다른 형태의 컴퓨터-판독 가능 매체에 상주할 수 있다. 예시적인 저장 매체는, 프로세서가 저장 매체로부터 정보를 판독하고, 저장 매체에 정보를 기록할 수 있도록 프로세서에 연결된다. 대안적으로, 저장 매체는 프로세서에 통합될 수 있다. 프로세서 및 저장 매체는 ASIC에 상주할 수 있다. ASIC는 원격국에 상주할 수 있다. 대안적으로, 프로세서 및 저장 매체는 원격국, 기지국 또는 서버 내의 이산 컴포넌트들로서 상주할 수 있다.

[0057] 본원의 예시적인 실시예들 중 임의의 실시예에서 설명된 동작 단계들이 예들 및 논의를 제공하도록 설명된다는 것이 또한 유의된다. 설명된 동작들이 예시된 시퀀스들 이외의 다수의 상이한 시퀀스들로 수행될 수 있다. 또한, 단일 동작 단계로 설명된 동작들이 실제로 다수의 상이한 단계들로 수행될 수 있다. 부가적으로, 예시적인 실시예들에서 논의된 하나 이상의 동작 단계들이 결합될 수 있다. 흐름도들에 예시된 동작 단계들에는 당업자에게 용이하게 명백할 바와 같은 다수의 상이한 수정들이 실시될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 당업자들은 또한, 정보 및 신호들이 다양한 상이한 기술들 및 기법들 중 임의의 것을 이용하여 표현될 수 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 앞선 설명 전체에 걸쳐 참조될 수 있는 데이터, 명령들, 커맨드들, 정보, 신호들, 비트들, 심볼들 및 칩들은 전압들, 전류들, 전자기파들, 자기장들 또는 자기 입자들, 광학 필드들 또는 광학 입자들, 또는 이들의 임의의 조합으로 표현될 수 있다.

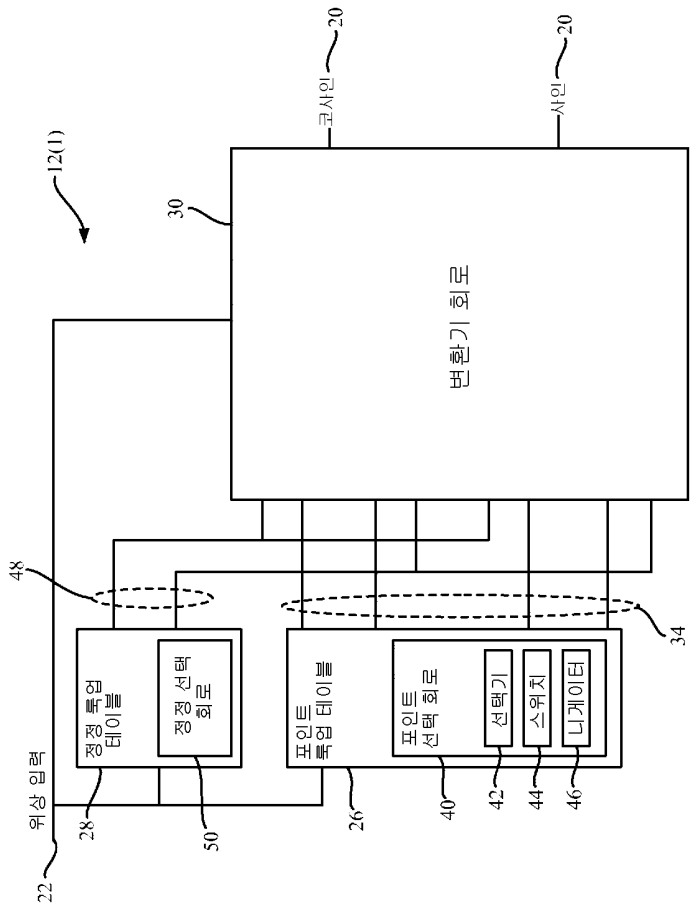
[0058] 본 발명의 전술한 설명은 임의의 당업자가 본 발명을 실시 또는 사용하는 것을 가능하게 하도록 제공된다. 본 발명에 대한 다양한 변형들은 당업자에게 쉽게 명백할 것이며, 본원에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 사상 또는 범위를 벗어남이 없이 다른 변형예들에 적용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 본원에 설명된 예들 및 설계들로 한정되도록 의도되지 않고, 본원에 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 부합하는 최광의 범위에 따른다.

도면

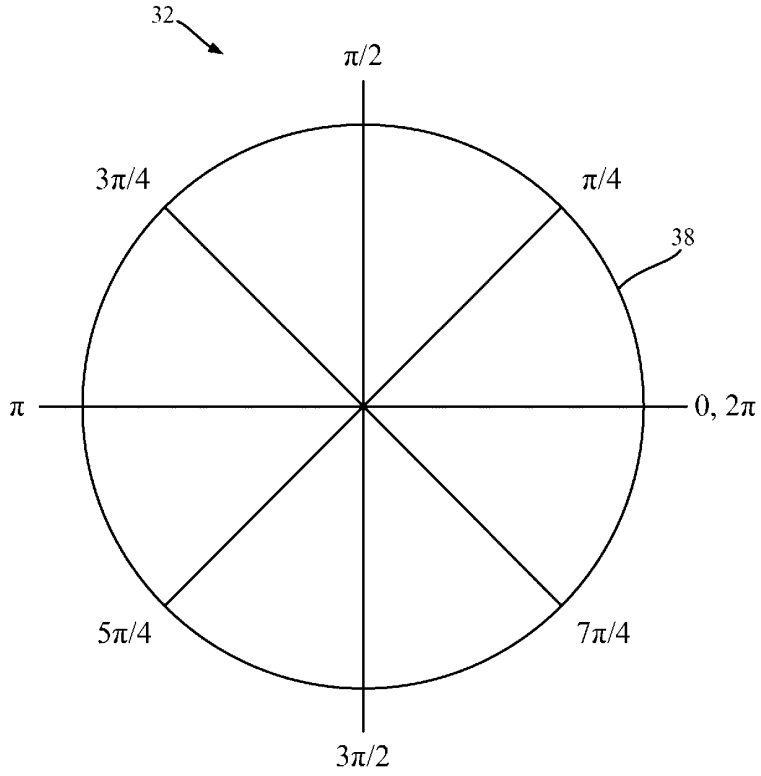
도면1



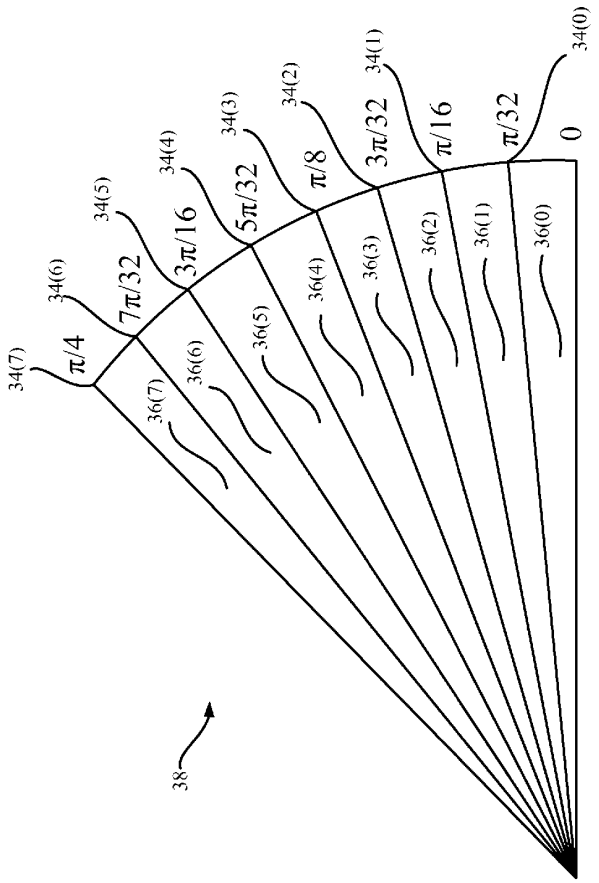
도면2


12(1)
30
코사인
20
사인
20
변환기 회로
4상
34
위상 입력
22
정정 룩업 테이블
28
정정 선택 회로
50
포인트 룩업 테이블
26
포인트 선택 회로
40
선택기
42
스위치
44
니게이터
46

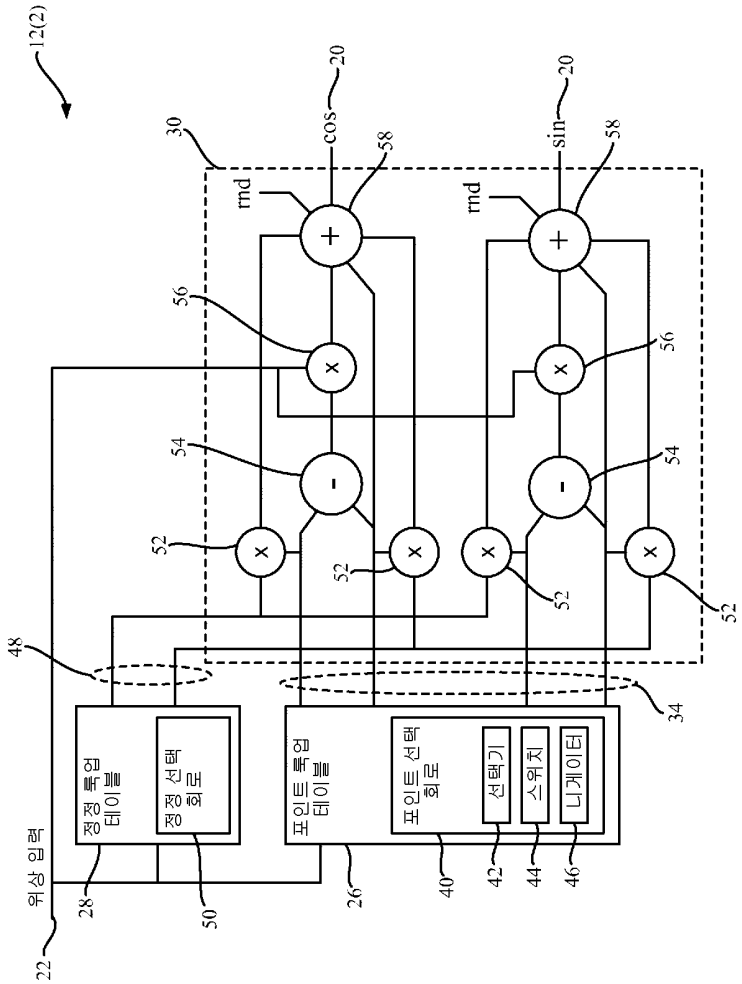
도면3



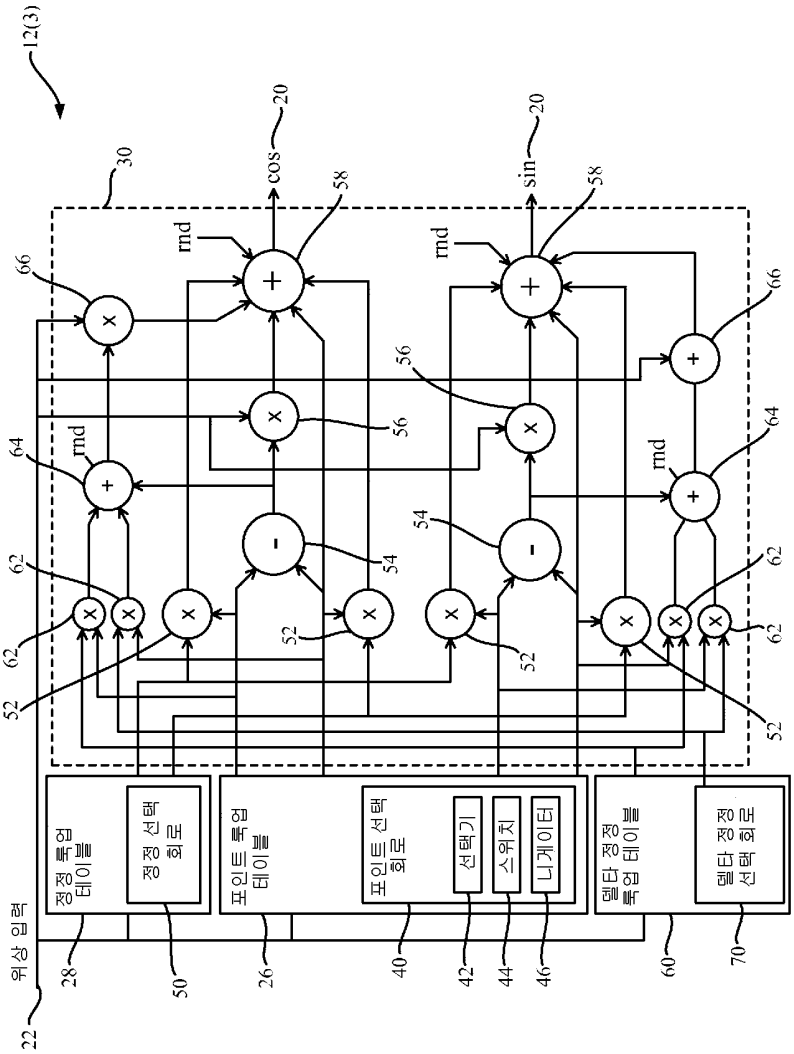
도면4


34(0)
34(1)
34(2)
34(3)
34(4)
34(5)
34(6)
34(7)
0
π/32
π/16
3π/32
π/8
5π/32
3π/16
7π/32
π/4
36(0)
36(1)
36(2)
36(3)
36(4)
36(5)
36(6)
36(7)
38

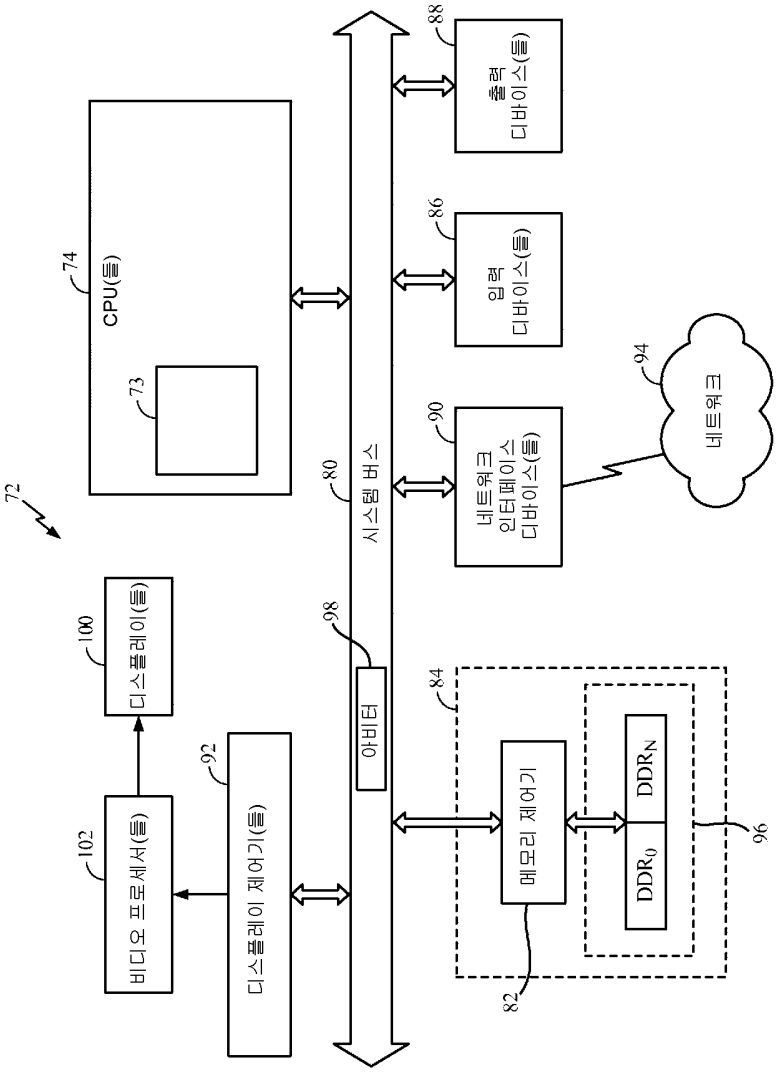
도면5


12(2)
30
cos
20
sin
20
58
58
rnd
rnd
56
56
54
54
52
52
52
52
48
34
정정 룩업 테이블
정정 선택 회로
포인트 룩업 테이블
포인트 선택 회로
선택기
스위치
니게이터
위상 입력
22
28
50
26
40
42
44
46

도면6


12(3)
30
cos
20
sin
20
58
58
rnd
rnd
66
66
64
64
56
56
54
54
62
62
52
52
위상 입력
22
정정 룩업 테이블
정정 선택 회로
포인트 룩업 테이블
포인트 선택 회로
선택기
스위치
니게이터
델타 정정 룩업 테이블
델타 정정 선택 회로
28
50
26
40
42
44
46
60
70

도면7


72
CPU(들)
74
73
시스템 버스
80
출력 디바이스(들)
88
입력 디바이스(들)
86
네트워크 인터페이스 디바이스(들)
90
네트워크
94
메모리 제어기
84
82
DDR0
DDRN
96
아비터
98
디스플레이 제어기(들)
92
디스플레이(들)
100
비디오 프로세서(들)
102