

DISEÑO DE UN SENSOR DE PLANTAS ÓPTICO PARA LA MEDICIÓN DEL NDVI EMPLEANDO UN FPGA

Giancarlo Pastor

Jorge Guerrero

César Huamani

Grupo de Procesamiento Digital de Señales e Imágenes, Pontificia Universidad Católica del Perú

gpastorf@pucp.edu.pe

a20030420@pucp.edu.pe

a20022261@pucp.edu.pe

RESUMEN

Este documento describe el diseño de un sistema para el cálculo del NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) basado en un sensor de imágenes lineal y el desarrollo de algoritmos de procesamiento sobre un FPGA (Field-Programmable Gate Arrays). Este índice de vegetación permite construir modelos de predicción de nitrógeno en los cultivos, los cuales se utilizan en sistemas de fertilización variable para reducir la contaminación en suelos agrícolas y evitar enfermedades producidas por ingerir agua con altos niveles de químicos. La resolución del sistema es menor a 1nm/píxel y su tiempo de adquisición es de 1ms.

1. INTRODUCCIÓN

La Agricultura de Precisión es un concepto muy utilizado en la actualidad, esta consiste en una gran variedad de técnicas y tecnologías que logran mejorar la producción de alimentos sin causar daños al medio ambiente ni a la salud de las personas. Su objetivo es recopilar información en tiempo real sobre lo que sucede en los cultivos para luego darle a estos el tratamiento agronómico más apropiado, y de esta manera maximizar el rendimiento, minimizar los costos y cumplir con las demandas ecológicas.

El NDVI es un índice muy utilizado en el sensor remoto aplicado a la agricultura de precisión. Éste da una medida de la cobertura vegetal sobre áreas extensas, así también muestra la etapa de crecimiento del cultivo. La vegetación densa y sana muestra valores altos, mientras que zonas de vegetación pobre y dispersa resulta en valores bajos. Con estos valores se puede discriminar los tipos de cultivos y construir modelos de predicción de nitrógeno para estos. La presente investigación tiene como objetivo diseño de un sistema para la medición del NDVI basado en un sensor de imágenes lineal y el desarrollo de algoritmos de procesamiento sobre un FPGA.

2. RESULTADOS

2.1. Cálculo y Criterios de Selección de Componentes

De la literatura señalada en las referencias se sabe que las bandas utilizadas en los índices de vegetación y modelos de predicción de nutrientes se ubican desde 550nm a 950nm, y

que la resolución adecuada es de 1nm, considerando esto, se utilizaron estos criterios para la selección del sensor óptico y filtro óptico. Para digitalizar la salida del sensor se empleó un conversor analógico digital (ADC) de 14 bits y 80MSPS debido al modo de operación y velocidad de la señal de video respectivamente.

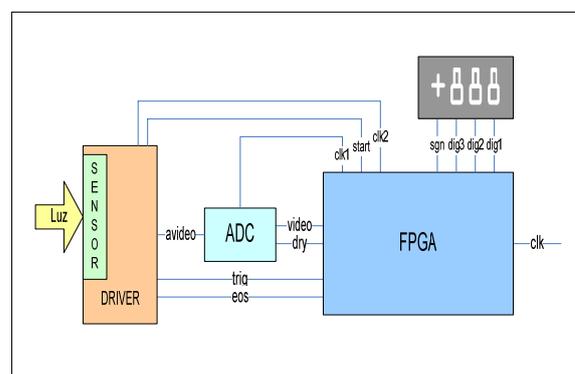


Figura 1. Tecnología basada en sensores. Componentes principales.

La implementación inicial del programa de control sobre un procesador digital de señales (DSP) no resultó apropiada debido a las restricciones de velocidad de su tarjeta de evaluación, posteriormente se planteó el uso de un computador portátil utilizando Linux RT, pero esto no aseguraba la captura periódica de la señal de video, finalmente se desarrollaron los algoritmos de control y procesamiento sobre un dispositivo lógico programable de la compañía Altera.

2.2. Diseño del Filtro Digital

Para el cálculo de los coeficientes del filtro pasa bajos se empleó el método de Parks-McClellan para el diseño óptimo de filtros FIR. Durante las simulaciones se emplearon señales obtenidas de hojas de rosas adquiridas con el espectrómetro portátil USB4000 de la empresa Ocean Optics, en una primera etapa se realizó una decimación e interpolación para obtener la misma resolución del sensor de imágenes de nuestro sistema. Se utilizó para esto el software de simulación MatLab R14

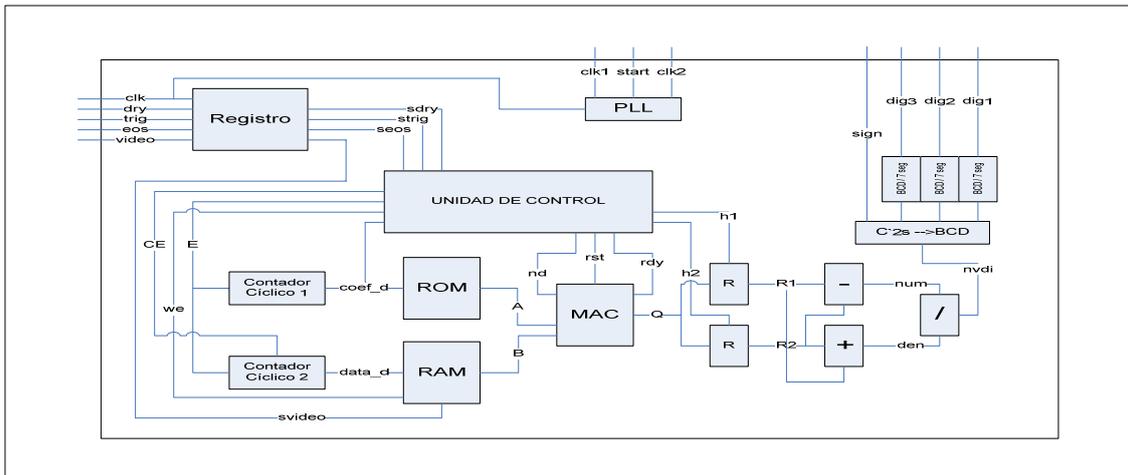


Figura 2. Arquitectura del Sistema.

3. CONCLUSIONES

y su herramienta de Procesamiento de Señal. Las frecuencias fueron normalizadas entre -0.5 a +0.5 y se consideraron los siguientes parámetros: frecuencia de paso: 0.04, frecuencia de corte: 0.1, rizado en la banda de paso: 0.005 y rizado en la banda de rechazo de 0.1. El orden del filtro resultante fue de 51 incrementándose a 52 para adecuarse a la arquitectura de la implementación en hardware.

2.3 Implementación en Hardware

Las simulaciones utilizando el software Quartus II v6.0 muestran que los algoritmos se ajustan a la arquitectura de la familia FLEX10K de Altera (eligiéndose el dispositivo EPF10K70RC240-2). Ver Figura 2 .

- La señal del sensor se digitaliza con la tarjeta ADS5423 de Texas Instruments y se envía al FPGA en formato de complemento a dos en paralelo en 14 bits.
- Unidad de Control. Se encarga de la captura adecuada de la señal de video digitalizado y de la generación de señales internas para el control del resto de etapas.
- Generación. Consiste en la generación de señales externas para el circuito de acondicionamiento del sensor y el ADC.
- MAC FIR. Realiza el filtrado con los coeficientes almacenados en una ROM.
- Sincronización. Para evitar glitches debido a la falta de sincronía entre las tarjetas de evaluación.
- Cálculo del NDVI. Realiza el cálculo: $R_{750} - R_{700} / (R_{750} + R_{700})$
- Visualización. Convierte la señal NDVI en formato completo a dos a BCD de 3 dígitos e indicando su signo.

Resultados obtenidos de la simulación:

Elementos Lógicos: 66/3744 (2%)
Pines : 138 / 189 (73%)
Bits de Memoria : 7168 / 18432 (39%)
Frecuencia Máxima: 200 MHz

- Con la obtención de las longitudes de onda de los índices de vegetación se puede desarrollar un modelo de predicción de nutrientes, realizando ensayos de campo y un estudio del efecto de las características fisiológicas de las hojas en su espectro
- El desarrollo de esta herramienta para el cálculo del NDVI posibilita la construcción de sistemas de fertilización e irrigación variables.
- Todos los componentes cumplen los requerimientos, si embargo para un equipo final es necesario un sistema de iluminación variable y componentes electrónicos (ADC, FPGA, sensor, etc.) de bajo consumo de potencia.
- Se necesita del alineamiento y calibración del filtro óptico sobre el sensor para una correcta lectura.

REFERENCIAS

- [1] I. S. Ahmad. 1999. Nitrogen Sensing For Precision Agriculture Using Chlorophyll Maps. ASAE Paper No. 993035.
- [2] A. Gitelson, Y. Gritz, M. N. Merzlyak, Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves, Journal of Plant Physiol, 2003.
- [3] W. Lee, S. W. Searcy, Multispectral sensor for detecting nitrogen in corn plants, ASAE Paper No. 001010, 2000.
- [4] M. Methy, R. Joffre, J. M. Ourcivla, Two ways of assessing absorbance of fresh leaves from NIRS, Journal Remote Sensing, 1998, vol. 19, No. 9, 1998.
- [5] G. Pastor, Sistema de adquisición de datos para la detección de nitrógeno en plantas para una adecuada fertilización, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2006.
- [6] V. P. Rasmussen Jr.. A Comparison Of Nitrogen Stress Detection Methods In Spring Wheat, Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Denver, Colorado, 2001.
- [7] T. Wang, Spectral vegetation indices and their relationships with nitrogen stress levels, University of Georgia, Athens, 2002.