

Ivan S. Savov,

APPLICATION OF FIELD-PROGRAMMABLE GATE ARRAYS IN DEFENSE

Ivan S. Savov

*Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Technology, Vasil Levski
National Military University, Shumen, Bulgaria, ivan_savov97@yahoo.gr*

***Abstract:** Field-Programmable Gate Arrays form an essential part of the electronic components market and tend to increase in popularity. This report describes their architecture, focus on those features that determine their application for military applications. Examples are given.*

***Keywords:** Field-Programmable Gate Array, military application*

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПРОГРАМИРУЕМИТЕ ЛОГИЧЕСКИ МАТРИЦИ В ОТБРАНАТА

Иван С. Савов

Факултет „Артилерия, ПВО и КИС“, НВУ „Васил Левски“, Шумен, България,
ivan_savov97@yahoo.gr

Увод

Електронните материали и свързаните с тях технологии са в основата на голяма част от устройствата, които автоматизират всяка сфера на човешката дейност. Отбраната не прави изключение, напротив – въоръжените сили традиционно са значителен/значим/голям/съществен потребител на пазара на електронни изделия. „Стратегия за изследвания и технологии в сигурността и отбраната” определя необходимостта от развиване на тази технологична област с цел осигуряване на изискванията на оперативните способности в системата на сигурността и отбраната в момента и за в бъдеще.

Поради ограниченията в обема, докладът се фокусира върху една категория електронни компоненти - програмируемите логически матрици. Интересът към нея се определя от тенденцията за засилване на ролята им в разработването на специализирани устройства за решаване на специфични задачи от военен характер.

В първата част са представени характеристиките и архитектурата на FPGA (от англ. Field-Programmable Gate Array), а следващите части са посветени на приложението им в областта на отбраната.

Общи сведения

Програмируемите логически матрици са интегрални схеми със свръхголяма степен на интеграция. Някои особености в архитектурата им определят от една страна високото им бързодействие, което традиционно е характерно специализираните интегрални схеми, ориентирани към спе-

цифични приложения (от англ. Application Specific Integrated Circuit – ASIC) и съвкупността им, присъща на универсалните процесори, от друга страна.

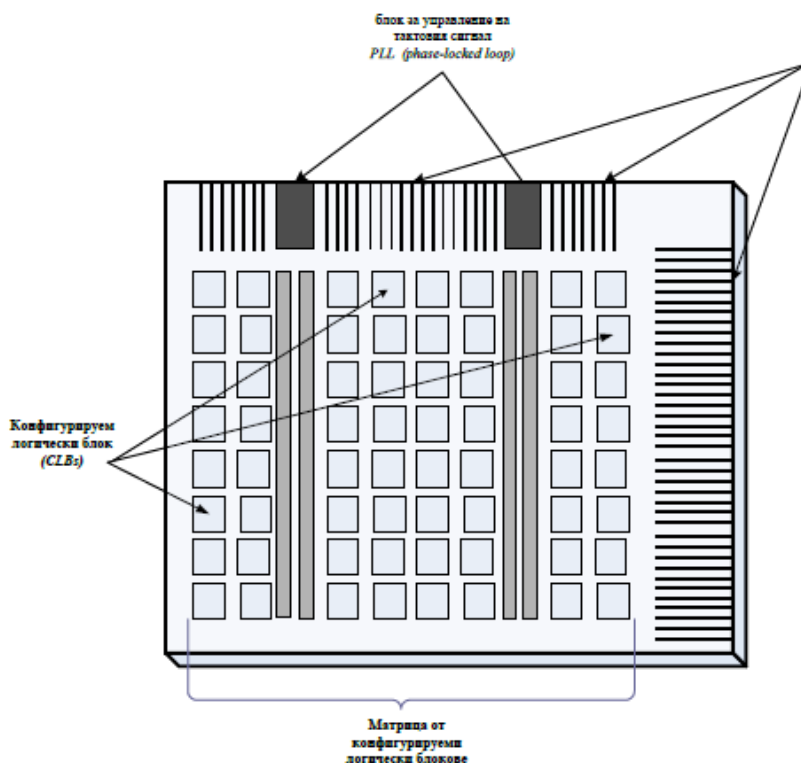
Архитектура

Основният елемент от състава на FPGA е матрица (логически масив - logic array), изградена от голям брой еднакви конфигурируеми блокове (Configurable Logical Bloc – CLB), всеки от които може многократно да бъде програмиран по електрически път и да изпълнява различна логическа, аритметична, запомняща функция или функция по формиране на входно/изходните сигнали на схемата. CLB са свързани по между си посредством интерфейси, формиращи комуникационна матрица, чиято конфигурация също може да се променя произволен брой пъти.

Всеки програмируем логически блок е изграден от определен брой елементарни логически елементи, които представляват n-входова комбинационно–логическа схема (Look-Up Table, LUT), реализираща определена логическа функция.

В състава на архитектурата на CLB влизат и различни по своите функции логически вериги: за управление на преноса, за формиране на контролни сигнали, за връзка между запомнящите елементи, за връзка между функционалните таблици и между отделните логическите елементи, изграждащи блока.

Останалите елементи на FPGA са: входно/изходни блокове, блокове RAM, блокове за умножение и блокове за управление на тактовия сигнал. Примерното им разположение върху чипа може да се види на фигура 1.



Фигура 1: Блокова диаграма на FPGA [2]

Програмирането се извършва от система за автоматизирано проектиране (развойна среда) в съответствие с направеното от дизайнера описание на устройството. Входното описание може да дефинира структурата (реализира се на език от високо ниво за описание на хардуера (Verilog или VHDL) или поведението (направено на езици от вида на MATLAB) на цифровото устройство.

Характеристики

Използването на FPGA за изграждане на високотехнологични, нескъпоструващи, и гъвкави устройства с разнообразно приложение в много области, включително и за нуждата на отбраната, осезаемо се засилва. Несъмнено това се определя от/се дължи на редица характеристики на чиповете:

- Висока степен на интеграция

Високата степен на интеграция на елементи върху кристала позволява имплементиране на бързодействащи и сложни специализирани цифрови устройства, които реализират високопроизводителни изчисления: паралелни изчисления, събиране на данни, цифрова обработка на сигнали, обработка на изображения и др.

- Препрограмиране

Възможността за многократно програмиране определя използването им в процеса на проектиране (прототипиране) на устройства, които се програмират, тестват и оптимизират върху FPGA преди окончателната им реализация върху масово конфигурируеми чипове.

- Висока производителност

Бързото, почти мигновено превключване на логическите елементи за изпълнение на различни функции позволява FPGA се самореконфигурират съгласно вградения в тях алгоритъм по време на процеса на работа, така че да изпълняват няколко задачи в режим на времеделение. На практика се реализира апаратния еквивалент на многозадачната работа на процесора. Това позволява, изградени върху тях устройствата да адаптират параметрите си в зависимост от промяната на входните данни или средата на обработка. Например система за предаване на видеоизображение, изградена върху единствена свръхбърза микросхема, претърпява няколкократно преконфигуриране за обработка на всеки видео кадър. Последователно се „трансформира“ от устройство за приемане и запис на видео сигнала, в устройство за обработка на данните и накрая – в модем за предаване на изображението [1].

Редица особености на FPGA определят приложението им конкретно в отбранителната индустрия:

- „Конфигуриране на терен“

Преконфигурирането на изградените устройства е изцяло софтуерно. Може да се извърши по всяко време, локално (дори в полеви условия) или чрез отдалечен достъп. Динамичната промяна на поведението на веригата, от една осигурява непрекъснатата поддръжка, обслужване и актуализация на устройството, от друга страна позволява автоматично саморазрушаване на програмния код на изгубено или пленено устройство с цел не допускане на обратно инженерство.

Водещите производители на предлагат специализирани чипове с военно предназначение, характеризиращи се със:

- Висока степен на устойчивост на радиация

Понякога се налага експлоатация на устройствата в условия на повишено радиационно излъчване, което може да причини промени в състоянието на тригерите (нежелано преминаване от 1 към 0 или обратно) и по този начин да причини нежелана промяна в поведението на веригата.

- По-широк работен температурен диапазон

Обичайно комерсиалните чипове работят в диапазона от 0°C до 100°C, индустриалните – от -40°C to 100°C, а тези с военно предназначение от -55°C до 125°C [3].

- Усилен корпус, със защита от удар, висока степен на устойчивост на запрашеност, вибрации, на влага и въздействие на разяждащи материали.

Приложение на FPGA в отбраната

В сферата на отбраната, с помощта на FPGA най-често се разработват устройства от следните области:

- Защитени комуникации

Съвременните комуникационни устройства от трябва, една страна да предоставят ширина на честотната лента, такава че да бъде възможна скорост на предаване от 40 Gbps до 100 Gbps, от друга да осигуряват ефективна криптографска защита на данните. Алгоритмите за криптиране/декриптиране налагат изпълнение на сложни математически преобразувания, а самите устройства трябва да спазват изискванията за високо бързодействие, надеждна работа, ниска цена и малки геометрични размери. Програмируемите логически матрици, притежават характеристики, които ги правят подходящи/удачни за апаратна реализация на устройства, отговарящи на тези изисквания [2]. Допълнително предимство осигуряват големият избор от т.н. интелектуални ядра (Intellectual Property core), съдържащи програмен код за криптиращи алгоритми (достъпен безплатно или срещу заплащане)

- Електронна война

Съвременните системи за електронна война трябва да притежават способности за бърз анализ на обстановката и мигновена реакция на множество заплахи. Технологиите, които стоят в основата им - стелт технологиите, свързаните в мрежа интелигентни сензори и интелигентно управляеми оръжия и др., са свързани с математически операции като бързо преобразование на Фурие, декомпозиция на Чолески и умножение на матрици, които поставят необходимостта от бърза и високоефективна обработка на данните. В същото време тези системи трябва да отговарят на строги изисквания по отношение на разсейвана топлина, размера, теглото, мощността и не на последно място цена. FPGA предлагат идеално решение на тези изисквания.

- Радари и сензори

Най-популярната технология в съвременните радарни системи Active Electronically Scanned Array (AESA). За да удовлетворят изискванията за възможност за високопроизводителни изчисления, ултра широка честотна лента, висок динамичен обхват и адаптивни системи дизайнерите на системи често използват FPGA.

- Ракети и „умни“ боеприпаси

FPGA намират приложение в конструирането на „интелигентни“ оръжия и боеприпаси. Върху тях се реализират прибори за контрол, управление, насочване на управляеми ракети, самонасочващи се снаряди, „интелигентно“ оръжие от ново поколение [1].

- Беспилотни летателни апарати

Амбициозна цел в тази област е използването на свързани в мрежа беспилотни летателни апарати. Развиването на тази технология може да доведе до доминация в сложната среда на съвременното бойно поле. Беспилотните летателни апарати са предназначени за извършване на дейности, които представляват потенциална заплаха. Те трябва да са в състояние да извършват търсене, проучване и също трябва да имат способността активно да въздействат на противника.

- Софтуерно дефинирано радио (от англ. Software Defined Radio – SDR) и когнитивно радио (от англ. Cognitive Radio – CR)

Характерната за софтуерно дефинираното радио възможност за динамична смяна на комуникационните стандарти допринася за по-ефективно използване на радиочестотния спектър. Когнитивно радио е следващото ниво в развитието на тази технология. То представлява устройство, което променя параметрите си в зависимост от условията и достига максимална ефективност на работа, чрез откриване на неизползвани радиочестоти и автоматично адаптиране към тях.

Включването на FPGA в състава на тези устройства се определя от възможността им за динамична реконфигурация на терен. Така става възможна реализцията и динамичната смяна на множество модуляции, различни от първоначално дефинираната.

- Цифрова обработка на сигнали

Цифровата обработка на сигнали (от англ. Digital Signal Processing - DSP) е в основата на радарите, сигурните комуникации, средствата за електронната война. Реализцията на изчисления с производителност от един GFLOPS до десет TFLOPS при запазване на разумни размери, тегло и консумирана мощност (SWaP) е предизвикателство, на което FPGA отговарят.

Изводи

Използването на FPGA може да допринесе за ускоряване на ускори процеса на модернизация на въоръжените сили.

Те се отличават с относително малка продължителност на процеса на проектиране, прототипиране, тестване и внедряване на устройства на тяхна база.

Чрезинтегриране на множество дискретни устройства в един FPGA - дефинирани от потребителя логически функции, DSP функции и процесори с общо предназначение, могат да бъдат направени преносими системи, които са леки и със сравнително малък размер.

Отличават се с намалена консумация на енергия. Удовлетворяват изискванията за работа при специфични условия – завишени нива на радиоактивно излъчване, запрашеност и влага. Устойчиви са въздействието на вибрации и на разяждащи материали. Всички тези характеристики определят възможността за използване на такива системи в полеви условия.

Литература

1. Ламбева, М. Х. (2015). FPGA – базирани вградени устройства за отбраната. *СЮ юли 2015*, бр. 7, с. 71-72. достъпно на <https://cio.bg> > 7286_fpga_bazirani_vgradeni_sistemi_za_otbranata
2. Ламбева, М. Х. (2014). Приложение на FPGA за изграждане на устройства за криптиране на данни, *Сборник научни трудове от Научна конференция „Новата парадигма за сигурност в кибер-пространството“* (271 – 277). Шумен: Издателски комплекс на НБУ „В. Левски“, Факултет „Артилерия, ПВО и КИС“, ISBN 978-954-9681-49-9
3. Fpga For Military Applications - Intel® Fpga, достъпно на адрес <https://www.intel.com/content/www/us/en/government/products/programmable/applications.html>