**TITLE OF THE THESIS**

**Treball de fi de grau**

**Escola Tècnica d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona**

**Universitat Politècnica de Catalunya**

**per**

**Ignasi Bernadas Leal**

**GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES AUDIOVISUALS**

**Tutor: Josep Ramon Casas**

**Barcelona, Juny 2016**

Abstract

Resum

Introducció

Aquest projecte consisteix en la recerca i l’exploració de les possibilitats que pot oferir un sistema incrustat de NVIDIA, la placa Jetson TK1 i, més enllà d’això, fer-la servir com a plataforma per instal·lar-hi un software avançat d’assistència al conductor.

El programa prové d’un projecte de fi de grau d’una estudiant de la Universitat Politècnica de Catalunya amb col·laboració amb l’empresa Arcol i consisteix en un sistema de visió en 360º per a vehicles de grans dimensions.

La visió panoràmica 360º es genera a partir del cosit entre les imatges provinents de 4 càmeres situades al llarg del vehicle, que el dispositiu incrustat ha de processar a temps real per tal de donar suport visual al conductor de l’automòbil.

El problema principal que es va trobar en aquest projecte és que el dispositiu que suportava el programa no tenia prou capacitat computacional com per donar resposta a temps real a l’algorisme de fusió de les imatges.

Davant d'aquest problema es va plantejar la possibilitat d'emprar algun altre dispositiu més potent per tal de millorar els resultats obtingut. Com que l'algorisme de cosit de imatges consisteix en un seguit d'operacions aritmètiques amb matrius, es va pensar que era una bona idea l'ús de una GPU per paral·lelitzar càlculs i augmentar-ne la velocitat.

A partir d'aquí, i aprofitant que la universitat disposava de la placa de NVIDIA, Jetson TK1, i ningú a la universitat l'havia provat com ha eina de desenvolupament, no m'acaba d'agradar el paràgraf.

Desenvolupament del treball

Per tal d'utilitzar la placa Jetson com entorn de desenvolupament i poder executar-hi el software d'Arcol s'ha instal·lat un sistema operatiu amb kernel de Linux (Ubuntu 14.04 LTS). En principi és el que ve pre-instal·lat al dispositiu, però per tal d'obtenir el Know-how de com restaurar el sistema i instal·lar-hi altres llibreries necessàries, s'ha fet un flash del sistema operatiu amb un pack especial per a desenvolupadors proporcionat per NVIDIA. (Jetson Pack).

Un cop configurada la principal eina de treball, també s'ha cregut oportú tenir un entorn de treball més flexible de cara al desenvolupament d'aplicacions, en el qual es poden donar diferents escenaris.

En el primer, i més simple, el mateix dispositiu incrustat serveix com a plataforma de desenvolupament, és a dir, no es requereix de més maquinari extern per programar, compilar i executar el software desenvolupat.

En el segon, la compilació del codi es dur a terme des d’un PC amb una capacitat de càlcul molt més elevada (compilació creuada), cosa que permet treballar amb projectes molt més grans. Per dur a terme la cross-compilació però, s’han instal·lat un seguit de llibreries necessàries per que els softwares compilats siguin compatibles amb l’arquitectura del dispositiu incrustat.

Host – Host

Un cop configurat l’entorn de desenvolupament, s’ha compilat i instal·lat el software.d'Arcol a la placa Jetson.

Després d’instal·lar el software d’Arcol a la placa Jetson s’ha vist que el funcionament sense cap modificació en el codi ja és molt millor que en el hardware original, la placa Xilinx ETC, que funciona amb un processador ARM de 1Gb de memòria Ram.

Tot i la millora, el funcionament del programa encara no és l’adequat, ja que el vídeo sortint mostra al voltant d’una imatge per segon.

A partir d’aquí, s’ha intentat optimitzar el codi de dues maneres; millorant l’algorisme per aprofitar la CPU i, utilitzar la GPU per paral·lelitzar càlculs en les funcions més lentes.

Per fer-ho s'ha fet un "profiling" per determinar quins eren les funcions on es perdia més temps de càlcul.

Degut a la complexitat de tot el projecte, per fer un "profiling" el més real acurat, s'ha extret el la part del software on es fa el cosit de les imatges i s'ha posat en un programa més simple.

En aquest programa s'ha mesurat els temps

Introducció deep learnig??

PROVA, PROVA

PROVA 2, PROVA 2.

Resumen

Dedication: A Dedication page may be included in your thesis just before the Acknowledgments page, but it is not a requirement.

Que és això????

Agraïments

ALBERT GIL!!!!! ALBERT GIL!!!!!!!!

JOSEP RAMON!!!! JOSEP RAMON!!!!

Historial de reversions i registre d'aprovació

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Revisió** | **Data** | **Motiu** |
| 0 | 10/05/2016 | Creació del document |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

DOCUMENT DISTRIBUTION LIST

|  |  |
| --- | --- |
| **Nom** | **e-mail** |
| Ignasi Bernadas | ibernadasl.iespf@gmail.com |
| Josep Ramon Casas | josep.ramon.casas@upc.edu |
| Albert Gil | albert.gil@upc.edu |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Escrit per: | | Revisat i aprovat per: | |
| Data | 10/05/2015 | Data |  |
| Nom | Ignasi Bernadas Leal | Nom | Josep Ramon Casas |
| Posició | Autor del projecte | Posició | Supervisor |

Índex

Abstract 1

Resum 2

Resumen 3

Agraïments 5

Historial de reversions i registre d'aprovació 6

Índex 7

Índex de imatges 9

Índex de taules: 10

1. Introducció 11

1.1. Objectius 11

1.2. Requisits i especificacions 11

1.3. Context 11

1.4. Pla de treball 11

2. Tecnologia emprada: 12

2.1. Dispositius Embedded 12

2.2. Computació per GPU 12

3. Desenvolupament del projecte 13

3.1. Configuració entorn de treball 13

3.1.1. NVIDAI Jetson TK1 13

3.1.2. Host (PC) 13

3.1.3. Entorn de compilació i cross-compilació 13

3.1.3.1. ZLIB 13

3.1.3.2. PNG 13

3.1.3.3. TIFF 13

3.1.3.4. JPEG 13

3.1.3.5. Qt 13

3.1.3.6. CUDA 13

3.1.3.7. OpenCv 13

3.2. Porting del Software d’Arcol a la placa Jetson 13

3.2.1. Compilació en el propi dispositiu 13

3.2.2. Compilació creuada 13

3.2.3. Anàlisi i optimització del codi amb CUDA 13

3.2.3.1. Funcions a optimitzar 13

3.2.3.2. Possibles millores 13

3.3. Deep Learning 13

4. Resultats 14

4.1. Software d’Arcol 14

4.2. Deep Learning 14

5. Pressupost ??????? 15

6. Conclusions 16

Bibliografia: 17

Annexos 18

Glossari 19

Índex de imatges

Each figure in the thesis must be listed in the “List of Figures” and each must be given a page number for its easy location.

Índex de taules:

Each table in the thesis must be listed in the “List of Tables” and each must be given a page number for its easy location.

# Introducció

An Introduction that clearly states the rationale of the thesis that includes:

1. Statement of purpose (objectives).
2. Requirements and specifications.
3. Methods and procedures, citing if this work is a continuation of another project or it uses applications, algorithms, software or hardware previously developed by other authors.
4. Work plan with tasks, milestones and a Gantt diagram.
5. Description of the deviations from the initial plan and incidences that may have occurred.

## Objectius

El primer objectiu que es va proposar per aquest treball, va ser millorar i optimitzar el funcionament d’un software d’assistència al conductor desenvolupat anteriorment en un projecte de col·laboració entre la Universitat Politècnica de Catalunya i l’empresa d’accessoris per a l’automoció Arcol.

El software original va ser dissenyat i implementat sobre un hardware “embedded”, fabricat per Xilinx. Aquest hardware havia de processar les imatges procedents de 4 càmeres situades en diferents punts d’un vehicle gran, com podria ser un autobús, i fer-ne un cosit a temps real. El cosit proporciona una visió 360º del vehicle, ajudant així al conductor a tenir una visibilitat completa al seu voltant i a millorar la visió en angles morts del retrovisor.

Malauradament, aquest projecte mai va acabar de tenir èxit ja que el hardware no era capaç de realitzar el cosit a temps real i, al final, el que havia de ser una imatge 360º a temps real, va acabar sent una senyal de vídeo que mostrava un frame cada 3 segons.

Com que el principal problema d’aquest projecte va ser que el dispositiu que havia de suportar el programa no era l’adequat, es va creure que utilitzant-ne un amb millors prestacions es podria obtenir un millor resultat.

respecte el que tenia en hardware pel que es va desenvolupar.

Aprendre el funcionament del dispositiu NVIDIA Jetson TK1

Instal·lar el software d’Arcol a la placa Jetson

## Requisits i especificacions

Amb aquest treball s’espera tenir implementat el software d’Arcol sobre el dispositiu incrustat Jetson TK1 de NVIDIA.

Obtenir una millora en la processat de la senyal per tal d’obtenir un resultat final amb almenys entre 5 i 10 frames de vídeo per segon.

## Context

## Pla de treball

Per dur a terme el treball, s’ha seguit el següent pla de treball:

La feina ha estat repartida en quatre grans paquets de treball, dintre dels quals hi ha un seguit de tasques a realitzar.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paquet de treball 1 | | |
| Major constituent: aprenentatge de la plataforma Nvidia Jetson i del seu entorn de desevolupament | | |
| Petita descripció: Familiarització posada a punt de l’entorn de treball (NVidia Jetson TK1). | Inici: 29/02/2016  Fi: 11/03/2016 | |
| Tasca interna T1: Posar en marxa el dispositiu  Tasca interna T2: Fer un “backup” del sistema operatiu per tal de poder recuperar l’estat inicial en cas que fos necessari.  Tasca interna T3: Fer un primer programa de prova “Hello world” | Entregables:  HelloWorld | Dates: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paquet de treball 2 | | |
| Major constituent: Creació d’un entorn de treball i Desenvolupament d’una app per a Jetson | | |
| Petita descripció: Crear un entorn on desenvolupar els primer executables de prova. Les aplicacions s’han de poder compilar i executar des d’un PC i a la pròpia Jetson. (cross-compilació) | Inici: 11/03/2016  Fi: 03/05/2016 | |
| Tasca interna T1: Instal·lació de les llibreries OpenCV, Qt, CUDA...  Tasca interna T2: Fer un programa senzill utilitzant la arquitectura CUDA (Utilitzar la GPU en lloc de la CPU) “Hello CUDA”  Tasca interna T3: Fer un programa senzill utilitzant les llibreries de OpenCV “Hello OpenCV”  Tasca interna T4: Fer un programa senzill utilitzant Qt: “Hello Qt”  Tasca interna T5: Integració de totes les llibreries de suport en un sol programa: “Hello Qt, OpenCV and CUDA”  Tasca interna T6: Compilar i executar els programes realitzats tant en una *work station* com en la placa Jetson. | Entregables:  HelloCUDA  HelloOpenCv  HelloOpenCvCUDA  HelloQt  HelloAll  HelloCrossCUDA  HelloCrossOpenCv  HelloCrossOpenCvCUDA  HelloCrossQt  HelloCrossAll | Dates: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paquet de treball 3 | | |
| Major constituent: Porting d’Arcol a la placa Jetson | | |
| Petita descripció: Realitzar el canvi de plataforma del programa d’Arcol de la placa Xillinx's Zynq a la NVidia Jetson TK1 | Inici: 18/04/2016  Fi: | |
| Tasca interna T1: Aconseguir compilar i executar el programa sobre la placa Jetson  Tasca interna T2: Cross-compilar el sofware d’Arcol des de un PC 64 bits i executar-lo sobre la placa Jetson  Tasca interna T3: Optimitzar el funcionament del programa. | Entregables: | Dates: |

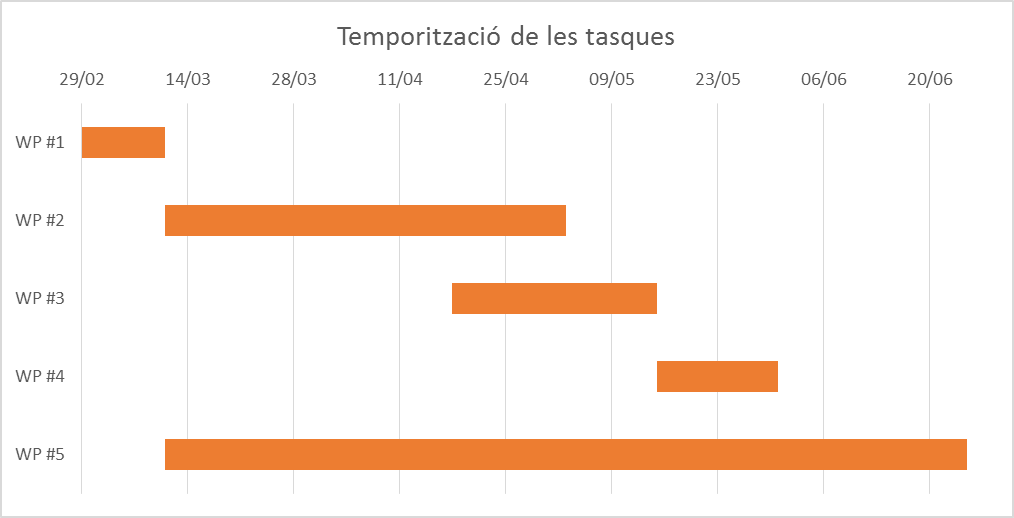
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paquet de treball 4 | | |
| Major constituent: Explorar noves tècniques | | |
| Petita descripció: Fer recerca sobre els possibles nous usos que se li podrien donar a la placa Jetson. | Inici:  Fi: | |
| Tasca interna T1: Buscar informació sobre *Deep Learning* i plataformes orientades a l’ús d’aquestes tècniques sobre GPU  Tasca interna T2: Desenvolupar un programa amb els coneixements adquirits. | Entregables: | Dates: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paquet de treball 5 | | |
| Major constituent: Memòria escrita | | |
| Petita descripció: Redactar tot el procés seguit en la elaboració del treball, així com els coneixements adquirits, els resultats, conclusions, etc. | Inic: 11/03/2016  Fi: 25/06/2016 | |
| Tasca interna T1: Redactar la memòria  Tasca interna T2: Prepara la exposició del treball | Entregables:  Critical Review  Memòria del treball  Presentació final | Dates: |

**Fites**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| WP# | Task# | Títol | Fita | Data finalització |
| 1 | 1 | Posar en marxa el dispositiu | Engegar la Jetson i veure que funciona | 02/03/2016 |
| 1 | 2 | Fer un “backup” del sistema | Tenir una còpia del sistema operatiu per si s’ha de restaurar el sistema | 04/03/2016 |
| 1 | 3 | “Hello world” | Ser capaç d’executar un programa simple en el dispositiu | 11/03/2016 |
| 2 | 1 | Instal·lació de les llibreries OpenCV, Qt, CUDA | Tenir totes les llibreries necessàries per al projecte instal·lades correctament | 13/03/2016 |
| 2 | 2 | “Hello CUDA” | Saber realitzar un programa utilitzant les llibreries CUDA | 18/03/2016 |
| 2 | 3 | “Hello OpenCV” | Saber realitzar un programa utilitzant les llibreries OpenCV | 25/03/2016 |
| 2 | 4 | “Hello Qt” | Saber realitzar un programa utilitzant les llibreries Qt | 31/03/2016 |
| 2 | 5 | “Hello Qt, OpenCV and CUDA” | Saber realitzar un programa integrant totes les llibreries esmentades (CUDA, OpenCv i Qt) | 18/04/2016 |
| 2 | 6 | Desenvolupament dual i creuat | Poder compilar i executar des d’una workstation i a la pròpia Jetson els programes de “Hello X” fets | 03/05/2016 |
| 3 | 1 | Porting d’Arcol a la placa Jetson | Aconseguir fer funcionar el programa d’arcol a la placa Jetson | 25/04/2016 |
| 3 | 2 | Optimització d’Arcol | Fer que el programa funcioni més ràpidament que sobre la plataforma Xilinx Zynq | 15/05/2016 |
| 4 | 1 | Recerca sobre *Deep Learning* | Obtenir informació sobre *Deep Learning* i les possibles aplicacions que podria tenir en la placa Jetson | 22/05/2016 |
| 4 | 2 | Desenvolupar un programa amb *Deep Learning* | Reflectir els coneixement adquirit amb una aplicació concreta. | 31/05/2016 |
| 5 | 1 | Redactar la memòria | Tenir un informe complert de tot el treball realitzat | 25/06/2016 |
| 5 | 2 | Prepara la exposició del treball | Fer l’exposició final del TFG | 08/07/2016 |

### Diagrama de Gantt



# Tecnologia emprada:

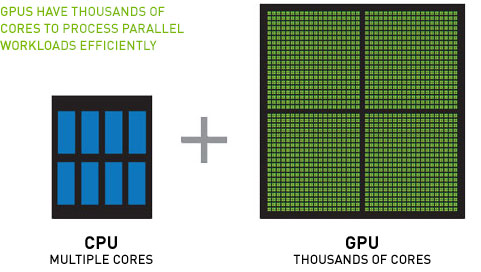
## Dispositius incrustats o “Embedded”

Els dispositius incrustats o “embedded”, son petites computadores dissenyades en general per dur a terme una funció força específica. N’existeixen per una gran varietat d’usos i, és per això que en podem trobar en

A diferència del ordinadors convencionals

## Computació per GPU

Paral·lelització de càlculs

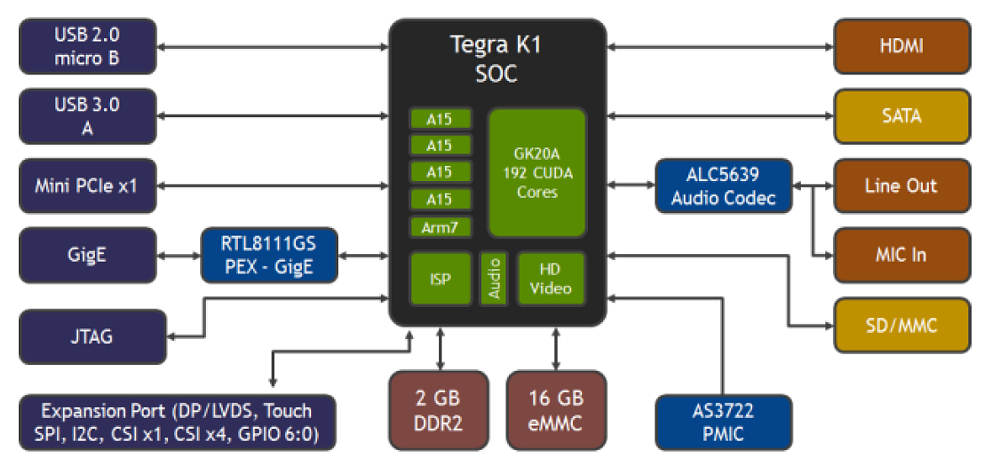


<http://www.nvidia.com/object/gpu-accelerated-computing.html>

# Desenvolupament del projecte

## Configuració entorn de treball

### NVIDAI Jetson TK1



<http://hackerboards.com/nvidia-jetson-tk1-most-advanced-hacker-sbc/>

Jetson Pack

<https://developer.nvidia.com/embedded/downloads>

### Host (PC)

### Entorn de compilació i cross-compilació

#### Eines de compilació

CMake

Scons

#### Llibreries necessàries per compilar arcol

ZLIB

imatge@imatge:~/ibernadas$ git clone https://github.com/madler/zlib.git

imatge@imatge:~/ibernadas/zlib$ cd zlib

imatge@imatge:~/ibernadas/zlib$ git status

imatge@imatge:~/ibernadas/zlib$ git tag

imatge@imatge:~/ibernadas/zlib$ git checkout v1.2.8

imatge@imatge:~/ibernadas/zlib$ ./configure \

CC=arm-linux-gnueabihf-gcc \

--prefix=$ARM\_SDK

imatge@imatge:~/ibernadas/zlib/zlib$ make && make install

PNG

imatge@imatge:~/ibernadas/libpng$ ./configure --host=arm-linux-gnueabihf CC=arm-linux-gnueabihf-gcc CPPFLAGS=-I$ARM\_SDK/include LDFLAGS=-L$ARM\_SDK/lib --prefix=$ARM\_SDK --enable-shared=yes

imatge@imatge:~/ibernadas/libpng$ sudo make && make install

TIFF

imatge@imatge:~/ibernadas$ git clone https://github.com/LuaDist/libtiff.git

imatge@imatge:~/ibernadas$ cd libtiff/

imatge@imatge:~/ibernadas/libtiff$ CC=arm-linux-gnueabihf-gcc \

CXX=arm-linux-gnueabihf-g++ \

CPPFLAGS="-I$ARM\_SDK/include \

CXXFLAGS="-I$ARM\_SDK/include \

CFLAGS="-I$ARM\_SDK/include \

LDFLAGS=-L$ARM\_SDK/lib -mfpu=neon"

./configure \

--prefix=$ARM\_SDK \

--enable-shared=yes \

--host=arm-linux-gnueabihf \

--enable-cxx \

--disable-jbig \

--disable-lzma

imatge@imatge:~/ibernadas/libtiff$ sudo make && make install

JPEG

imatge@imatge:~/ibernadas$ git clone https://github.com/LuaDist/libjpeg.git

imatge@imatge:~/ibernadas/libjpeg$ ./configure \

CC=arm-linux-gnueabihf-gcc \

CPPFLAGS=-I$ARM\_SDK/include \

LDFLAGS=-L$ARM\_SDK/lib \

--prefix=$ARM\_SDK \

--host=arm-linux-gnueabihf \

--enable-shared=yes

imatge@imatge-Alienware-14:~/ibernadas/libjpeg$ sudo make && make install

Qt

Editar el fitxer qt-4.8.2/mkspecs/qws/linux-arm-gnueabi-g++/qmake.conf

#

# qmake configuration for building with arm-none-linux-gnueabi-g++

#

include(../../common/linux.conf)

include(../../common/gcc-base-unix.conf)

include(../../common/g++-unix.conf)

include(../../common/qws.conf)

# modifications to g++.conf

QMAKE\_CC = arm-linux-gnueabihf-gcc

QMAKE\_CXX = arm-linux-gnueabihf-g++

QMAKE\_LINK = arm-linux-gnueabihf-g++

QMAKE\_LINK\_SHLIB = arm-linux-gnueabihf-g++

# modifications to linux.conf

QMAKE\_AR = arm-linux-gnueabihf-ar cqs

QMAKE\_OBJCOPY = arm-linux-gnueabihf-objcopy

QMAKE\_STRIP = arm-linux-gnueabihf-strip

QMAKE\_CFLAGS="${CROSS\_COMPILE\_CFLAGS} -I$(ARM\_SDK)/include -DZYNQ"

QMAKE\_CXXFLAGS="${CROSS\_COMPILE\_CPPFLAGS} -I$(ARM\_SDK)/include -DZYNQ"

QMAKE\_LFLAGS="-L$(ARM\_SDK)/lib"

load(qt\_config)

Embedded (revisar)

imatge@imatge:~/ibernadas$ gunzip qt-everywhere-opensource-src-%VERSION%.tar.gz

imatge@imatge:~/ibernadas$ tar xvf qt-everywhere-opensource-src-%VERSION%.tar

imatge@imatge:~/ibernadas$ cd qt

imatge@imatge:~/ibernadas/qt$ ./configure \

-embedded arm \

-xplatform qws/linux-arm-gnueabi-g++ \

-little-endian -opensource \

-host-little-endian \

-qtlibinfix -UPC-SDK-EMB \

-prefix $ARM\_SDK \

-no-webkit \

-no-phonon \

-no-dbus \

-no-opengl \

-no-pch \

-nomake demos \

-nomake examples \

-system-zlib \

-system-libpng \

-system-libtiff \

-system-libjpeg \

-qt-gfx-transformed \

-qt-gfx-qvfb \

-qt-kbd-qvfb \

-qt-mouse-qvfb -v

imatge@imatge-Alienware-14:~/ibernadas/qt make -j6

imatge@imatge-Alienware-14:~/ibernadas/qt sudo make install

CUDA

OpenCv

imatge@imatge:~/ibernadas$ git clone https://github.com/Itseez/opencv.git

imatge@imatge:~/ibernadas/opencv$ git checkout 2.4.12

imatge@imatge:~/ibernadas/opencv$ mkdir build && cd build

En el fitxer arm-gnueabi.toolchain.cmake canviar la versió del compilador de 4.6 a 4.8 (Explicar)

## Porting del Software d’Arcol a la placa Jetson

### Compilació en el propi dispositiu

### Compilació creuada

### Anàlisi i optimització del codi

#### PROFILING

#### Optimització per CPU

#### Optimització per GPU (CUDA)

#### Possibles millores

## Deep Learning

# Resultats

## Software d’Arcol

## Deep Learning

# Pressupost ???????

Cal posar pressupost?

# Conclusions

This should include your summary, conclusions and recommendations.

Bibliografia:

A thorough reference list as in the following examples: Conference paper [1], journal paper [2], book [3], standard-1 [4], standard-2 [5], online reference [6], patent [7], M.S. thesis [8] and Ph.D. dissertation [9].

1. J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler. "Telos: enabling ultra-low power wireless research". *In Proceedings of the Fourth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, IPSN 2005*, 25-27 April 2005, Los Angeles, USA. pp. 364-369. doi: 10.1109/IPSN.2005.1440950.
2. V.C. Gungor, B. Lu, G.P. Hancke. "Opportunities and challenges of Wireless Sensor Networks in Smart Grid". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, no. 10, pp. 3557-3564, October 2010. DOI: 10.1109/TIE.2009.2039455.
3. R. Faludi. *Building Wireless Sensor Networks: with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing*, 1st ed. Sebastopol, USA: O'Reilly Media, 2010.
4. *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*. IETF RFC 2460, December 1998.
5. *IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks. Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*. IEEE Std 802.11-2012.
6. T. Tarun, P. Viswanathan, S. Suman. "Wireless Sensor Network White Paper". *Tetcos Engineering*, 2012. [Online] Available: http://www.tetcos.com/Enhancing\_Throughput\_of\_WSNs.pdf. [Accessed: 23 October 2012].
7. J. P. Wilkinson, “Nonlinear resonant circuit devices,” U.S. Patent 3 624 125, July 16, 1990.
8. M.V. Alvarez Fernández. "Feasibility study and design for Wireless Sensor Networks in a space environment". M.S. thesis, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2011.
9. J. O. Williams, “Narrow-band analyzer,” Ph.D. dissertation, Department of Electrical Engineering, Harvard University, Cambridge, MA, USA,1993.

Annexos

Appendices may be included in your thesis but it is not a requirement.

Glossari

A list of all acronyms and the meaning they stand for.