

**Μάθημα** ΕΕΕ.7-2.3 & ΕΕΕ.7-3.3 «ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ»

Εξάμηνο Μαθήματος 79

**Διδάσκοντες** Ηλίας Ζώης και Μαρία Ραγκούση

Συνεργάτες Εργαστηρίου Μάνος Μιχαηλίδης και Άγγελος Χαριτόπουλος

Εξάμηνο Διδασκαλίας Χειμερινό Εξάμηνο 2021-22

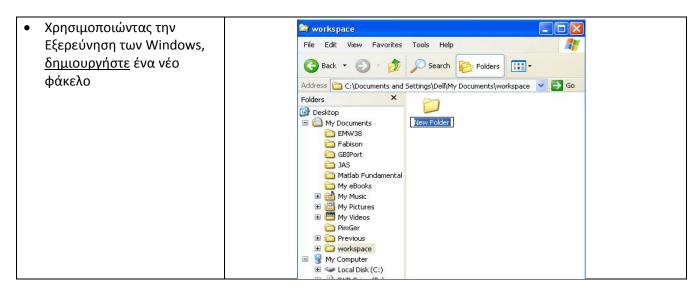
# ΕΙΣΑΓΩΓΗ στην ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ μέσω CCS

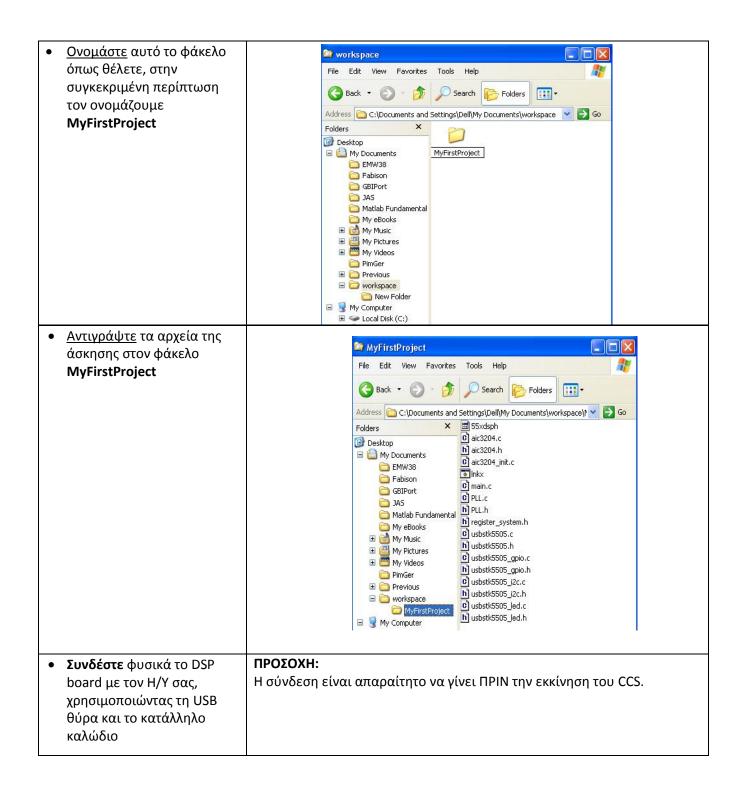
# (Α) Διαδικασία εισαγωγής των εργαστηριακών ασκήσεων

Η δομή του Code Composer Studio (CCS) στηρίζεται στην έννοια του «**project**». Ο προγραμματιστής / χειριστής μπορεί ανά πάσα στιγμή να εργάζεται πάνω σε ένα ή περισσότερα projects, αλλά ένα από αυτά είναι το ενεργό (**active project**).

Το CCS δημιουργεί και χρησιμοποιεί ένα «χώρο εργασίας», δηλαδή ένα φάκελο (directory) στον Η/Υ, για να αποθηκεύει ενδιάμεσα αποτελέσματα / αρχεία του εκτελούμενου project.

Ο προεπιλεγμένος φάκελος είναι: Desktop -> My Documents -> Workspace

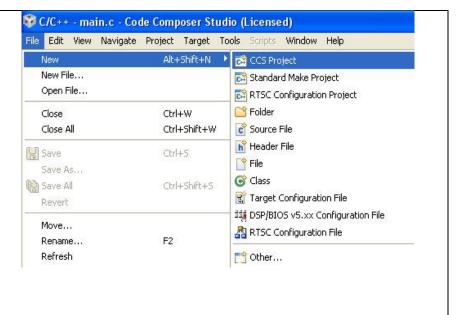




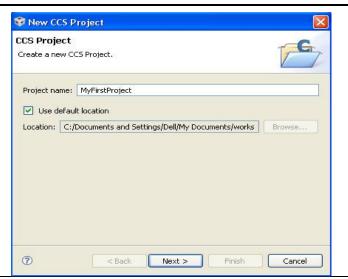
- Εκκινείστε το Code
  Composer Studio από την
  επιφάνεια εργασίας του
  υπολογιστή σας,
  επιλέγοντας το εικονίδιό
  του (κύβος)
- <u>Κλείστε (Χ)</u> την οθόνη Welcome που ανοίγει πρώτη.



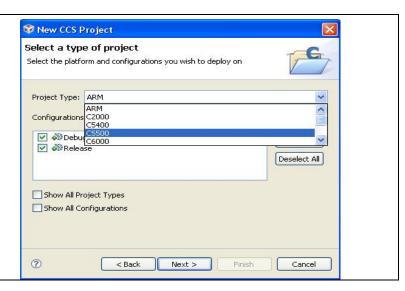
 <u>Επιλέξτε</u> από το μενού πάνω αριστερά File -> New ->CCS Project



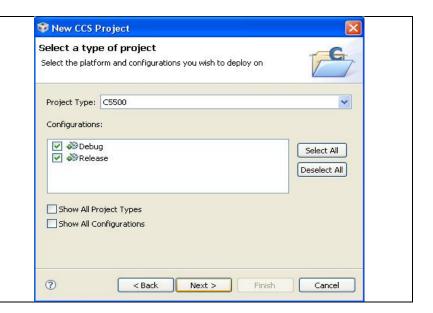
 Πληκτρολογήστε ως όνομα του project το όνομα που δώσατε στον φάκελο, στην περίπτωση μας
 MyFirstProject.
 Κάντε κλικ στο Next.



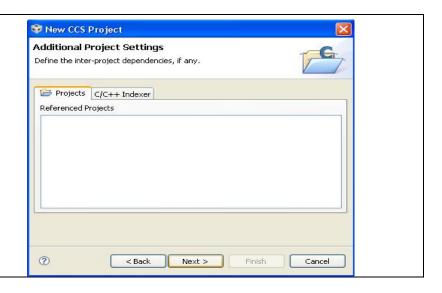
• <u>Επιλέξτε</u> **Project Type C5500** από τη διαθέσιμη λίστα.



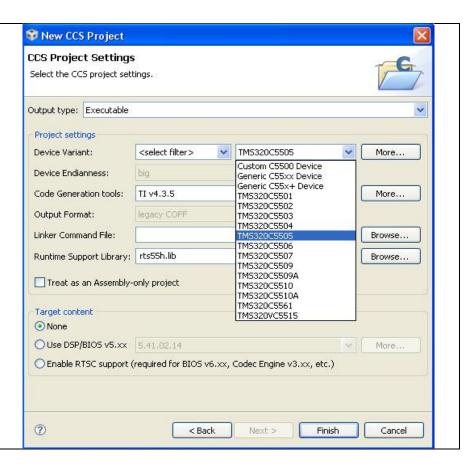
• <u>Κάντε κλικ</u> στο **Next.** 



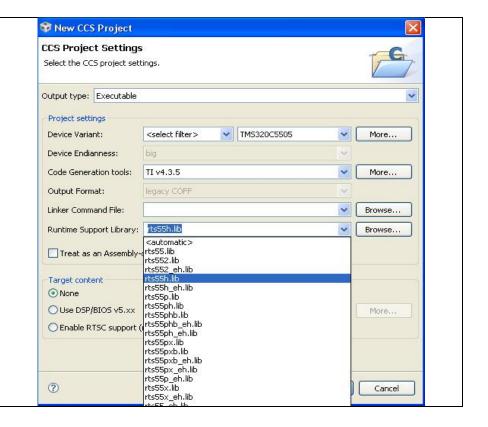
 Δεν υπάρχουν αναφορές σε άλλα έργα. <u>Κάντε κλικ</u> στο Next.



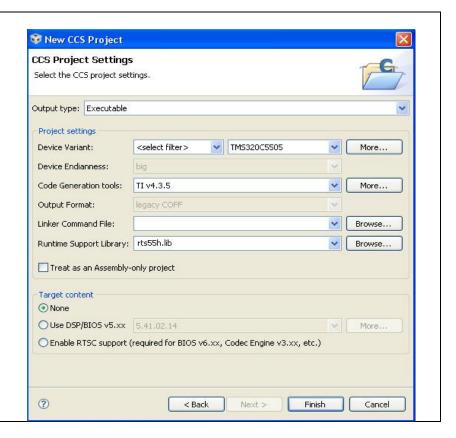
 Από το αναπτυσσόμενο μενού, <u>επιλέξτε</u>
 TMS320C5505



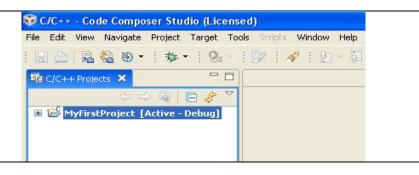
H Runtime Support
 Library που απαιτείται
 είναι η rts55h.lib.



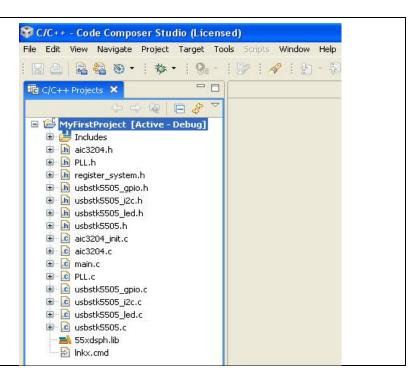
• <u>Κάντε κλικ</u> στο **Finish**.



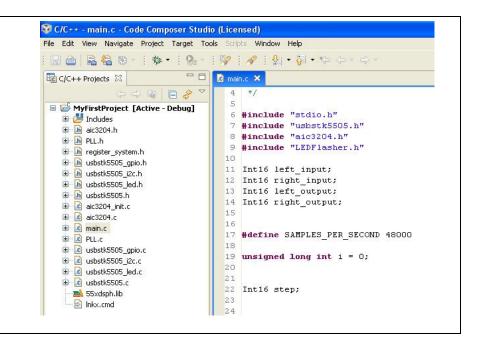
Στο παράθυρο των C / C + + Projects, το MyFirstProject είναι το ενεργό έργο (Active-Debug) για εντοπισμό σφαλμάτων.



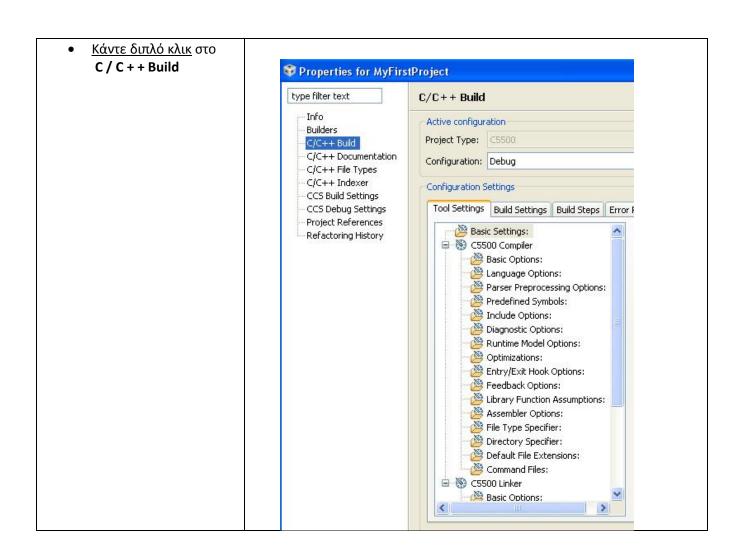
 Κάντε κλικ στο «+» για να αναπτύξετε τη λίστα των αρχείων.



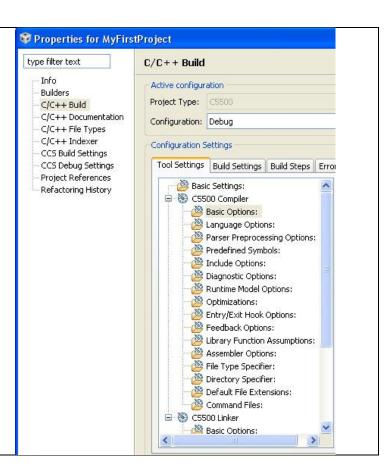
 Κάντε διπλό κλικ στο main.c για να ανοίξετε το αρχείο main.c στο κεντρικό frame.



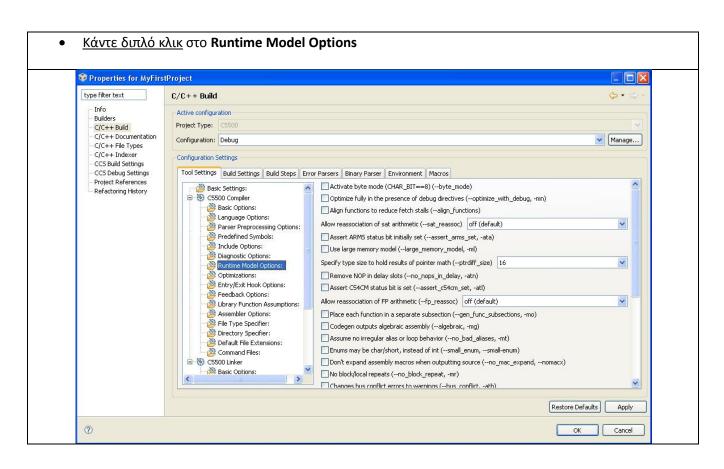
Επιλέξτε **Project ->** Project Target Tools Scripts Window Help **Properties** Ruild Active Project aRebuild Active Project Manager Existing CCS/CCE Eclipse Project Import Legacy CCSv3.3 Project Build All Ctrl+B Rebuild All Alt+B Clean Selected File(s) Build Selected File(s) Exclude File(s) from Build Active Build Configuration Build Project Build Working Set Clean... **Build Automatically** Link Files to Active Project... Add Files to Active Project...

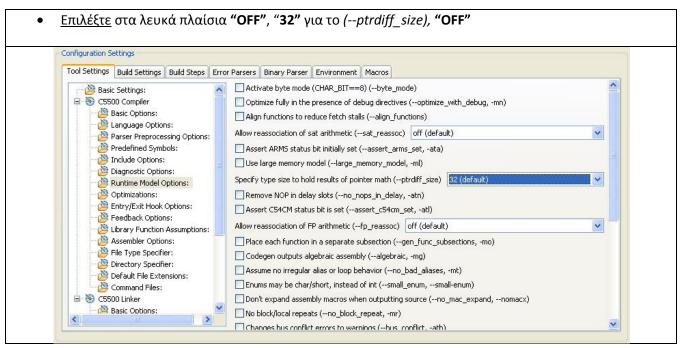


 Κάντε κλικ στο Basic Options.

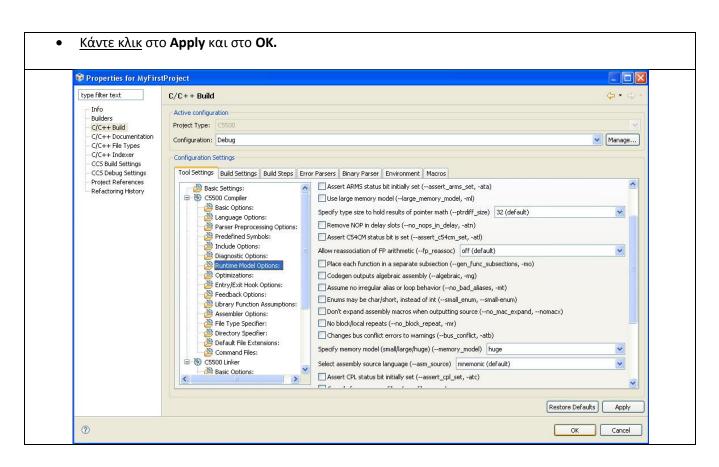


Πληκτρολογήστε **5505** για το (--silicon\_version, -ν), αν δεν εμφανίζεται ήδη το 5505 μέσα στο πλαίσιο Configuration Settings Tool Settings Build Settings Build Steps Error Parsers Binary Parser Environment Macros Basic Settings: device+optional revision of target silicon (--silicon\_version, -v) 5505 □ 🛞 C5500 Compiler Debugging model Full symbolic debug (--symdebug:dwarf, -g) Basic Options: Optimization level (--opt\_level, -O) None Language Options: Parser Preprocessing Options: Predefined Symbols: Include Options: Diagnostic Options: Runtime Model Options: Optimizations: Entry/Exit Hook Options: Feedback Options: Library Function Assumptions: Assembler Options: File Type Specifier: Directory Specifier: Default File Extensions:
Command Files: 🖹 🛞 C5500 Linker Basic Options:





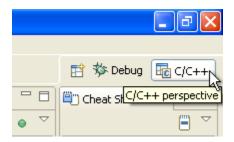
Επιλέξτε «huge» για το memory model και «mnemonic» για την assembly source language Configuration Settings Tool Settings Build Settings Build Steps Error Parsers Binary Parser Environment Macros Codegen outputs algebraic assembly (--algebraic, -mg) ٨ Assume no irregular alias or loop behavior (--no\_bad\_aliases, -mt) C5500 Compiler Enums may be char/short, instead of int (--small\_enum, --small-enum) Basic Options: Language Options: Don't expand assembly macros when outputting source (--no\_mac\_expand, --nomacx) Parser Preprocessing Options: No block/local repeats (--no\_block\_repeat, -mr) Predefined Symbols: Changes bus conflict errors to warnings (--bus\_conflict, -atb) Include Options: Diagnostic Options: Specify memory model (small/large/huge) (--memory\_model) huge Runtime Model Options: Select assembly source language (--asm\_source) mnemonic (default) Optimizations: Assert CPL status bit initially set (--assert\_cpl\_set, -atc) Entry/Exit Hook Options: 👺 Feedback Options: Compile for power profiling (--profile:power) Library Function Assumptions: Assert SST status bit is zero (--assert\_sst\_zero, -att) Assembler Options: All gotos/calls are encoded as 24-bit offset (--use\_long\_branch, -atv) File Type Specifier: Assume all BSS is on-chip (--assume\_bss\_onchip, -mb) Directory Specifier: Default File Extensions: ROM allocatable constants (--const\_in\_cinit, -mc) Command Files: Do not generate low\_byte/high\_byte operands (--no\_byte\_operands) C5500 Linker Port for speed over size (--port\_for\_speed, -ath) Basic Options: > Allow C54x native mnemonic assembly source (--translate\_c54x\_mnem\_source)



# (Β) Διαδικασία εκτέλεσης των εργαστηριακών ασκήσεων

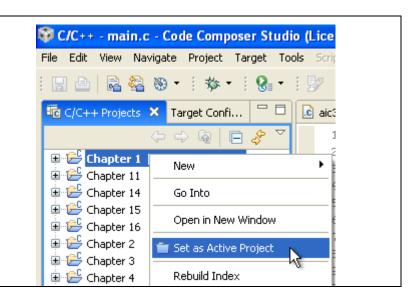
Στην συνέχεια θα πρέπει να επιλέξουμε την άσκηση με την οποία θα ασχοληθούμε.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Για να γίνει αυτό θα πρέπει να έχουμε επιλέξει από το μενού επάνω ΔΕΞΙΑ την **καρτέλα C/C++** (δηλαδή εκεί που επεξεργαζόμαστε τον κώδικα), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

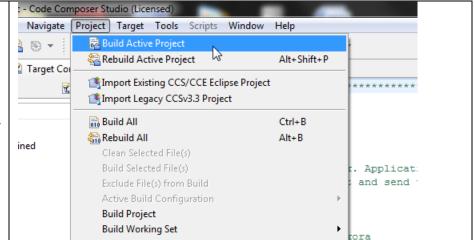


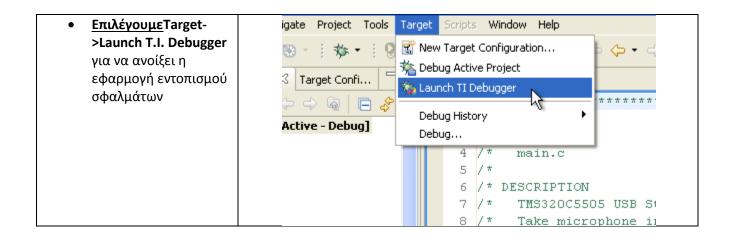
**ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ:** Αν η άσκηση που σκοπεύουμε να εκτελέσουμε είναι ήδη "Active Project", δηλαδή εμφανίζεται με **bold** και δίπλα στο όνομα της άσκησης εμφανίζεται το [Active-Debug], τότε παραλείπουμε το ακόλουθο βήμα.

Όπως βλέπουμε στην αριστερή πλευρά του προγράμματος υπάρχει η λίστα με τις ασκήσεις. Για να επιλέξουμε την άσκηση που θέλουμε κάνουμε δεξί κλικ πάνω της και επιλέγουμε set as active project, όπως φαίνεται και στην εικόνα δεξιά:



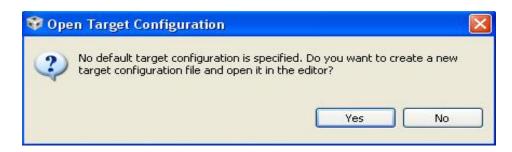
- Στη συνέχεια <u>επιλέγουμε</u>
   Project->Build Active
   project.
- Περιμένουμε να τελειώσει
   o builder και όσο τρέχει
   παρακολουθούμε στο
   πλαίσιο Console ότι δεν θα
   εμφανίσει μήνυμα λάθους
   με κόκκινα γράμματα.



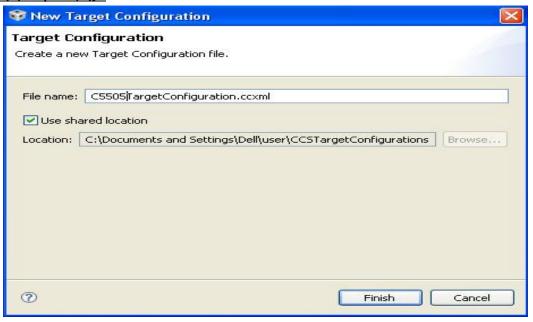


**ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ** Την *πρώτη* φορά που θα επιλέξουμε το **Launch T.I. Debugger**, θα πρέπει να κάνουμε τις παρακάτω ρυθμίσεις:

Στο πρώτο παράθυρο επιλέγουμε Yes.



Εδώ μπορούμε να αλλάξουμε το όνομα του αρχείου που αποθηκεύονται οι ρυθμίσεις (στο εργαστήριο,
 το αφήνουμε ως έχει:

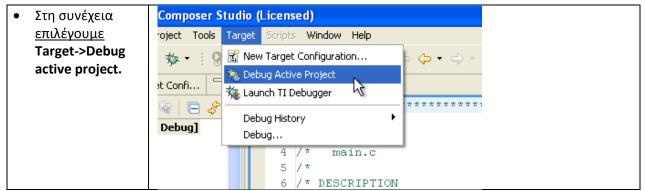


🧸 \*C5505TargetConfiguration.ccxml 🗶 • Εδώ επιλέγουμε από την πρώτη Basic αναδυόμενη General Setup Advanced Setup This section describes the general configuration about the target. καρτέλα **Texas** Connection Texas Instruments XDS100v2 USB Emulator Target Configuration: lists the config Instruments Blackhawk USB510L Emulator XDS100v2 USB Blackhawk USB560 Emulator Blackhawk USB560 Emulator, 20-pin JTAG Cable Save Configuration Emulator. Blackhawk USB560-BP Emulator Save Blackhawk USB560-BP Emulator, 20-pin JTAG Cable Blackhawk USB560-M Emulator Blackhawk USB560-M Emulator, 20-pin JTAG Cable Other Simulator Spectrum Digital C2000 XDS510LC Emulator Spectrum Digital DSK-EVM PLUS onboard USB Emulator Spectrum Digital DSK-EVM-eZdsp onboard USB Emulator Spectrum Digital XDS510 Parallel Port-PCI Emulator Spectrum Digital XDS510USB Emulator Texas Instruments Simulator Texas Instruments XDS100v1 USB Emulator Texas Instruments Texas Instruments XDS560 PCI Emulator Texas Instruments XDS560 PCI Emulator, 20-pin JTAG Cable Note: Support for more devices may be available from the update manager. Basic Advanced Source

Στη συνέχεια 📆 \*C5505TargetConfiguration.ccxml 🔀 επιλέγουμε από Basic την δεύτερη General Setup Advanced Setup καρτέλα το This section describes the general configuration about the target. Target Configuration: lists the configuration Connection Texas Instruments XDS100v2 USB Emulator **USBSTK5505** και Device κάνουμε **save**. type filter text Save Configuration DSK5509A DSK5510 Save EVM5502 EVM5505 USBSTK55 USBSTK5515 TMS320C5501 TMS320C5502 TMS320C5503 TMS320C5504 TMS320C5505 Spectrum Digital C5505 USB Stick Note: Support for more devices may be available from the update manager. Basic Advanced Source

**ΣΧΟΛΙΟ** Το XDS100 USB Emulator έχει συνδεθεί όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα:

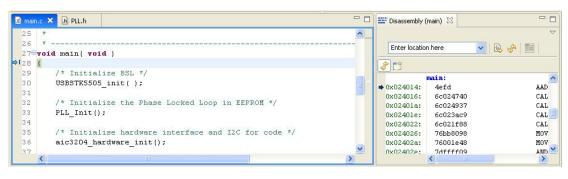




**ΣΧΟΛΙΟ** Ο XDS100 USB Emulator κάνει debug το MyFirstProject όπως φαίνεται και στη παρακάτω εικόνα:



Όταν ολοκληρωθεί το debug ο κέρσορας δείχνει ότι το πρόγραμμα είναι έτοιμο να τρέξει από την αρχή της main ().

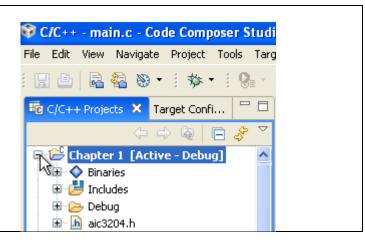




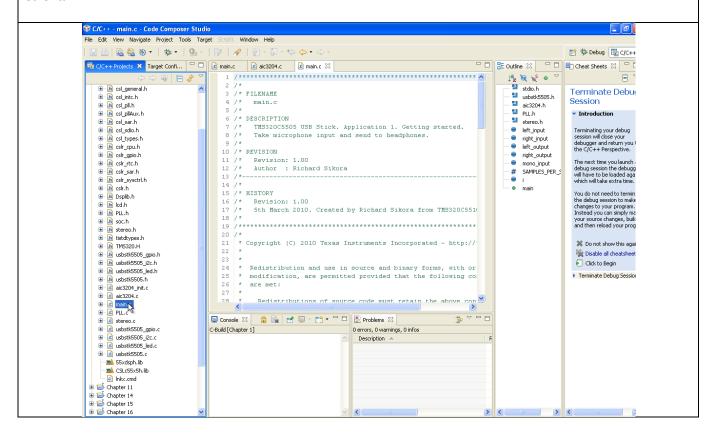
**ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ** Για να σταματήσουμε την εκτέλεση του προγράμματος, πρέπει να επιλέξουμε **Target -> Halt** (η επιλογή Halt βρίσκεται ακριβώς κάτω από την επιλογή Run).

#### (Γ) ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ C

 Αν κάνουμε αριστερό κλικ στο + αριστερά της άσκησής μας, θα εμφανιστούν όλα τα αρχεία της άσκησης. Από εκεί κάνοντας διπλό αριστερό κλικ στο αρχείο το οποίο μας ζητείται εμφανίζεται και ο κώδικας του αρχείου.

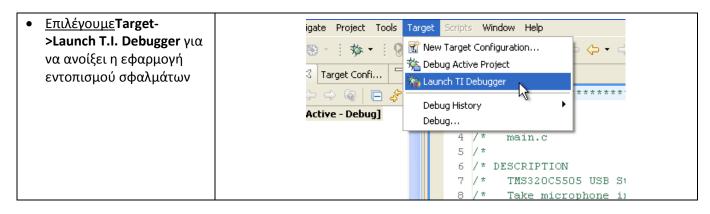


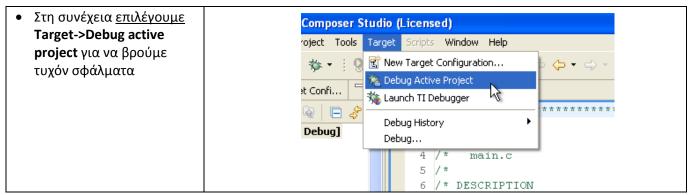
Για παράδειγμα αν μας ζητηθεί να τροποποιήσουμε το **main.c** της εκτελούμενης άσκησης, θα πρέπει αρχικά να το εντοπίσουμε ανάμεσα στα αρχεία και στη συνέχεια να το επιλέξουμε (με διπλό κλικ πάνω του). Με αυτόν τον τρόπο εμφανίζεται στο μέσο της οθόνης ο κώδικας που περιέχει το main.c, όπως στην παρακάτω εικόνα:



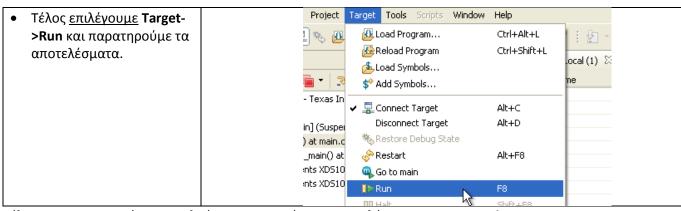
Αλλάζουμε τον κώδικα Project Tools Target View Navigate Window Help σύμφωνα με τα ζητούμενα Ruild Active Project R 42 8 της άσκησης, κάνουμε 🤽 Rebuild Active Project Alt+Shift+P ++ Projects 🖾 Ta SAVE ALL, και επιλέγουμε Import Existing CCS/CCE Eclipse Project **Project->Rebuild Active** 🏥 Import Legacy CCSv3.3 Project csl\_general.h. project.(Συνήθως \_h csl\_intc.h 📆 Build All Ctrl+B τροποποιούμε τον κώδικα h csl\_pll.h Alt+B 🚮 Rebuild All του main.c). Απαντάμε YES csl\_pllAux.h Clean Selected File(s) στην ερώτηση για h csl\_sar.h Build Selected File(s) St 📠 csl\_sdio.h overwrite. Exclude File(s) from Build in csl\_types.h Active Build Configuration

**ΣΧΟΛΙΟ** Αντί για Rebuild Θα μπορούσαμε να κάνουμε Build active project, αλλά δεν είναι ασφαλές διότι έτσι κάποιες φορές δεν αποθηκεύονται όλες οι αλλαγές.





Αν ο κώδικας μας δεν έχει κάποιο σφάλμα και η συνδεσμολογία μας είναι σωστή συνεχίζουμε στο επόμενο βήμα:



Τέλος, για τερματισμό του εκτελούμενου προγράμματος, επιλέγουμε **Target -> Halt**.

# Άσκηση 01: Αναπαραγωγή μουσικής μέσω του TMS320C5505

#### Σκοπός της άσκησης

- Να φτιάξετε το πρώτο σας project χρησιμοποιώντας το TMS320C5505 USB Stick.
- Να αναπαράγετε μουσική μέσω του TMS320C5505 και να τροποποιήσετε έτοιμο κώδικα C.

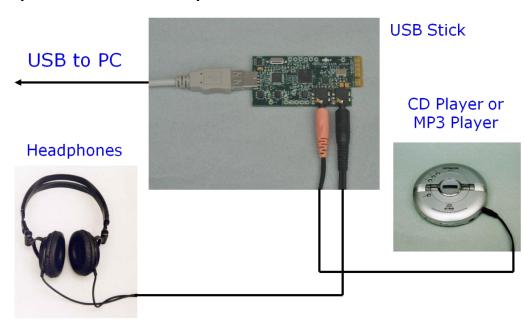
#### Εισαγωγή στο εργαστήριο

- Χρησιμοποιήστε τον έτοιμο κώδικα σε C που δίνεται στην Άσκηση 1 (folder "example\_01"), το οποίο (ολόκληρο το folder με το ίδιο όνομα) φροντίστε από πριν να αντιγράψετε μέσα στο **Desktop -> My Documents -> Workspace.** ΠΡΟΣΟΧΗ: Διαγράψτε το folder «.metadata» που ενδεχομένως εμφανίζεται στο Workspace από προηγούμενη εκτέλεση του CCS.
- Ακολουθήστε τα βήματα που δίνονται στα (A), (B), (Γ) του παρόντος αρχείου.

### Συνοπτικά βήματα – Αρχικός Κώδικας C

- Πραγματοποιούμε την κατάλληλη συνδεσμολογία του DSP board με τον H/Y, το μικρόφωνο και τα ακουστικά (βλ. επόμενη εικόνα χρησιμοποιούμε μικρόφωνο αντί για player).
- Εκκινούμε το Code Composer Studio (CCS).
- Ακολουθούμε τα βήματα του μέρους (Α) του παρόντος αρχείου. ΠΡΟΣΟΧΗ: Αντί για το «MyFirstProject» χρησιμοποιούμε το «example\_01».
- Ακολουθούμε τα βήματα του μέρους (B) του παρόντος αρχείου. Περιληπτικά, πρέπει να
  - ο Επιλέξουμε Project->Build Active Project
  - ο Επιλέξουμε Target->Launch TI Debugger
  - ο Επιλέξουμε Target->Debug active project
  - ο Επιλέξουμε Target->Run
  - ο Επιλέξουμε Target->Halt

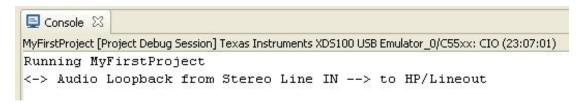
## Η συνδεσμολογία του TMS320C5505 για Line-in.



Όταν επιλέξουμε **Target -> Debug active project**, βλέπουμε στο **Console window** ότι το phase lock loop έχει ρυθμιστεί στα 100MHz, και ότι το XDS100 USB Emulator έχει ρυθμιστεί σωστά.



Όταν εκτελέσουμε την άσκηση (Target->Run), το παρακάτω κείμενο θα εμφανιστεί στο console window.



**ΣΧΟΛΙΟ**: Οι εντολές που χρησιμοποιούνται στον κώδικα C για να εμφανιστεί το παραπάνω κείμενο είναι οι "printf" και "puts".

#### Τροποποίηση του αρχικού κώδικα C

## Συνοπτικά βήματα

Ακολουθούμε τις οδηγίες του μέρους (Γ) του παρόντος αρχείου. Συνοπτικά:

- Τροποποιούμε τον κώδικα στην καρτέλα main.c, σύμφωνα με τα ζητούμενα της άσκησης (βλ. παρακάτω).
- Επιλέγουμε Project -> Rebuild Active Project
- Επιλέγουμε Target -> Debug Active Project
- Επιλέγουμε Target->Run
- Επιλέγουμε Target->Halt

## Αλλαγές

Πηγαίνουμε στο main.c της άσκησης μας και τροποποιούμε τα δύο κανάλια της εξόδου, ώστε στο αριστερό κανάλι ο ήχος να έχει ενισχυθεί 2 φορές ενώ στο δεξί κανάλι ο ήχος να έχει αποσβεστεί 2 φορές. Ένας απλός τρόπος να γίνει αυτό είναι η χρήση πολ/σμού ή διαίρεσης με το 2, αντίστοιχα, κατευθείαν πάνω στο σήμα εισόδου, πριν αυτό οδηγηθεί στο αντίστοιχο κανάλι εξόδου. Στις επόμενες εικόνες φαίνεται η αλλαγή στον κώδικα: πολλαπλασιάζουμε την αριστερή είσοδο επί δυο και ταυτόχρονα διαιρούμε την δεξιά είσοδο με 2.

Τρέχουμε τον αλλαγμένο κώδικα με τη διαδικασία που αναφέρεται στο μέρος (Γ) και ακούμε τα αποτελέσματα.

To main.c πριν τις αλλαγές:

```
œ main.c ×
 101
          asm(" bclr XF");
 102
 103
         for ( i = 0 ; i < SAMPLES_PER_SECOND * 600 ; i++ )</pre>
 104
 105
          aic3204 codec read(&left input, &right input); // Configured fc
 106
 107
 108
          left output = left input;
                                               // Very simple processing.
 109
          right_output = right_input;
                                               // Directly connect inputs
 110
 111
          aic3204 codec write(left output, right output);
 112
 113
```

Το main.c μετά τις αλλαγές (αλλαγή του gain των δύο καναλιών left και right):

```
- -
e *main.c ×
 101
         asm(" bclr XF");
                                                                         ٨
 102
 103
         for ( i = 0 ; i < SAMPLES PER SECOND * 600 ; i++ )
 104
         {
 105
 106
          aic3204 codec read(&left input, &right input); // Configured fc
 107
 108
          left_output = left_input * 2;
                                                   // Very simple process
 109
          right_output = right_input /2;  // Directly connect inp
 110
 111
          aic3204_codec_write(left_output, right_output);
 112
 113
```