برمجة المتحكمات المصغرة

التجارب العملية

الجلسة الأولى

Programming

Embedded Systems Microcontroller

You Can Practice Microcontroller Programming Easily Now!

Tuesday, December 15, 2009

مقدمة عامة عن المنهج: General Introduction about this course

في الوقت الحاضر أصبحت المتحكمات الرقمية هي القلب النابض في أنظمة التحكم وكذا في التجهيزات الكهربائية والإلكترونية، وازدادت النظم تعقيداً في بنيتها بسب تعقيد الوظائف المطلوبة من هذه النظم، وبقدر ما تزداد الوظائف المطلوبة من النظام يزداد تعقيد النظام وبالتالي تعقيد الكود البرمجي للمتحكم الذي يقود هذا النظام.

لقد بات من الصعب جداً بل من المستحيل برمجة نظم التحكم الرقمي المتقدمة بلغة التجميع (Assembly)، وأصبح تسارع الوقت وحاجة السوق وعامل الزمن سبباً أساسياً لابتكار لغات برمجية عالية المستوى لبرمجة المتحكمات الرقمية.

في هذا المنهاج، سوف نعالج برمجة المتحكمات المصغرة من العائلة AVR باستخدام لغة عالية المستوى تقارب لغة Basic من حيث تكوينها وشكل تعليماتها، والتي تتم في بيئة البرنامج Bascom-AVR.

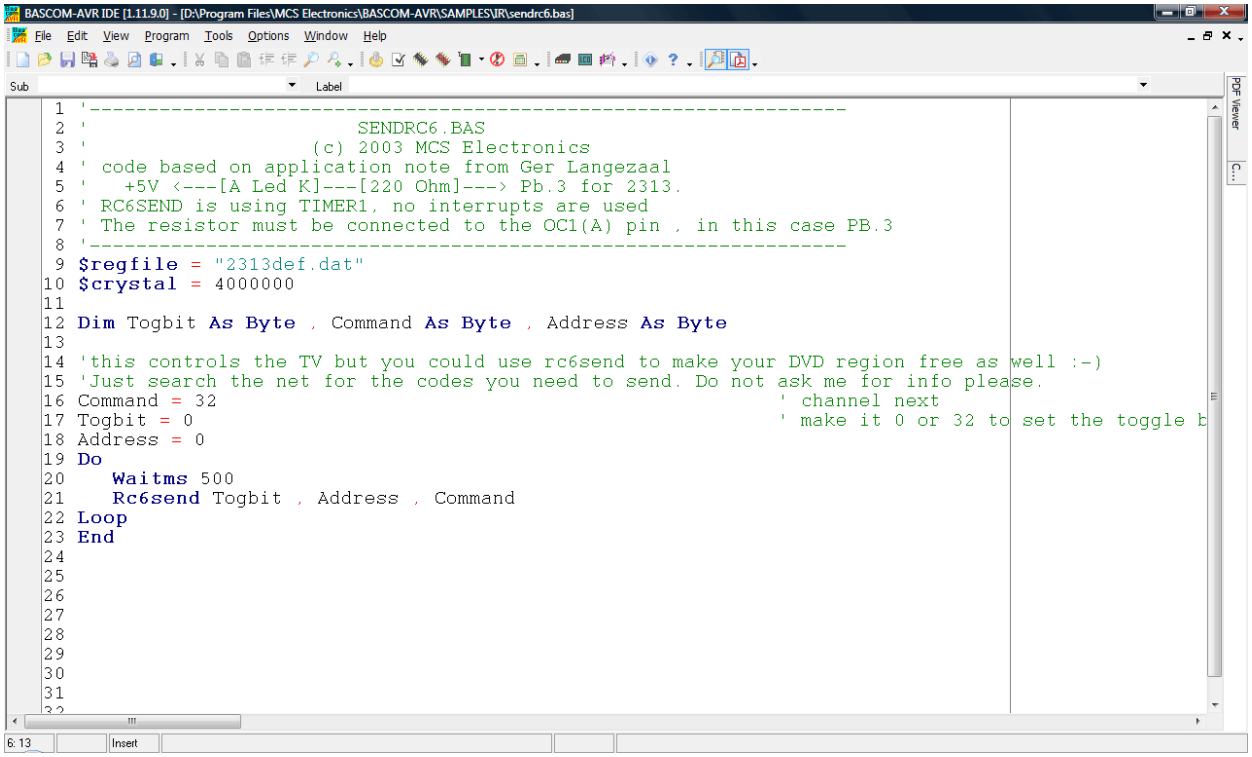
كذلك سنقوم بمحاكاة جميع الأمثلة والتطبيقات في بيئة البرنامج Proteus الذي يعد من أقوى البرامج التي تحاكي عمل المعالجات.

سنقوم بعدها بتنفيذ جميع التجارب عملياً على لوحة التطوير (Development Board) المخصصة والتي تم تصميمها خصيصاً لأغراض تعليمية بحيث ترتقي بالمتعلم من مستوى مبتدئ إلى مستوى متقدم وهي تحوي على أكثر من 50 تجربة تشمل جميع الوظائف الأساسية للمتحكمات بالإضافة إلى وظائف متقدمة أخرى.

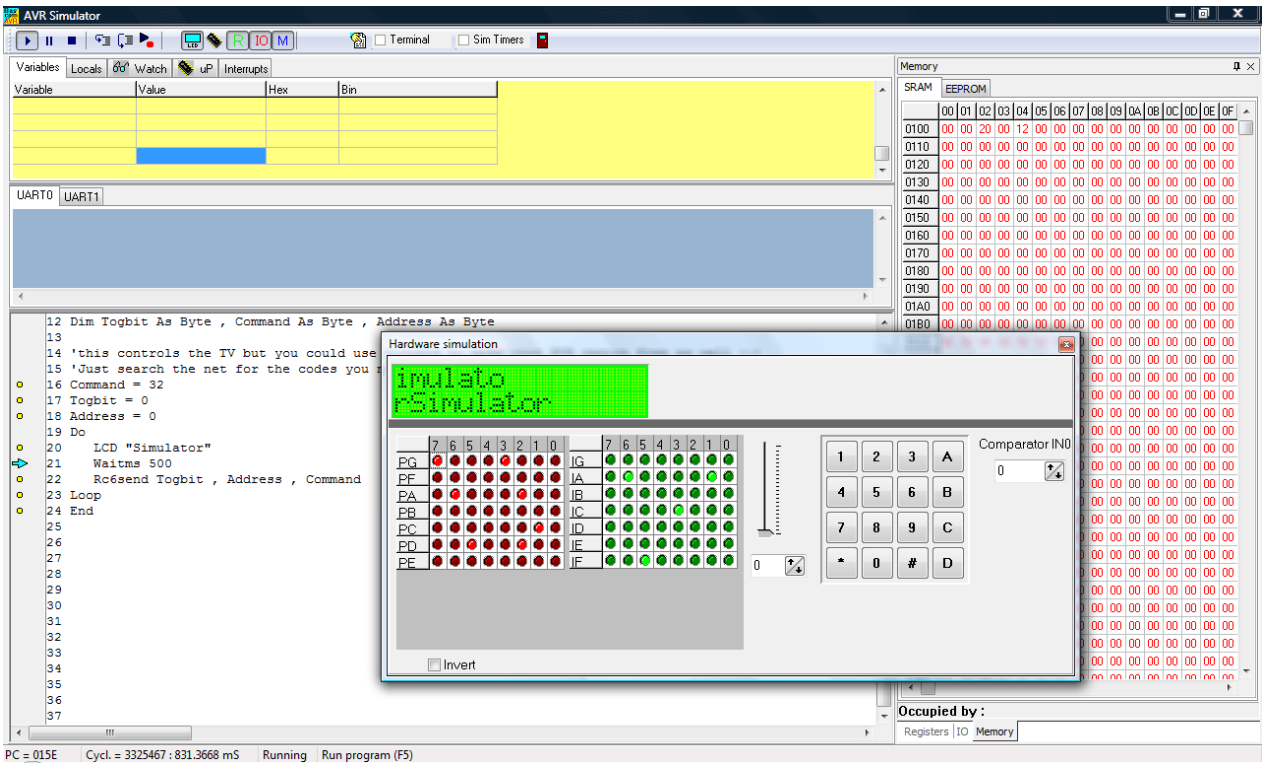
Bascom-AVR Compiler البيئة البرمجية Bascom-AVR:

كما أسلفنا بالذكر أننا سوف نستخدم البرنامج Bascom-AVR في برمجة جميع التجارب وذلك لما يوفره هذا البرنامج من بيئة برمجية قوية بالإضافة إلى المكتبات الأساسية الشاملة، ويحوي البرنامج على:

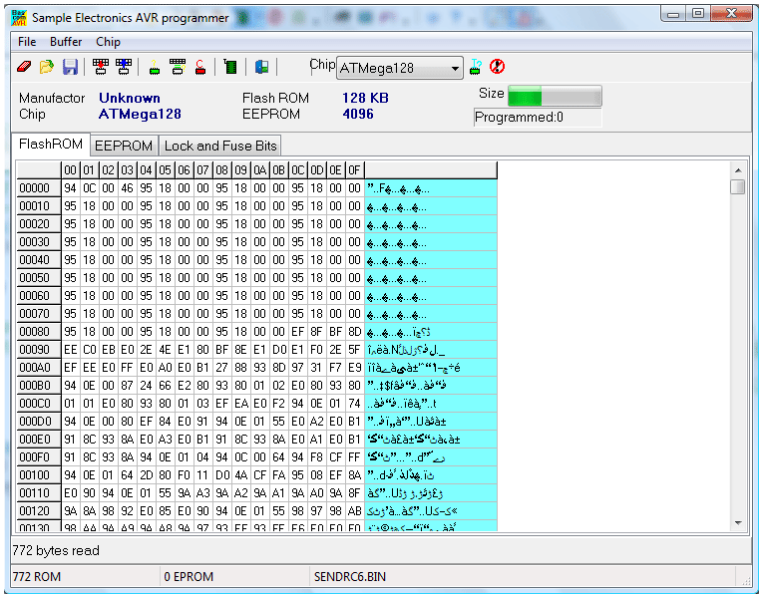
- الواجهة البرمجية الرئيسية: وهي محرر التعليمات والأوامر البرمجية.



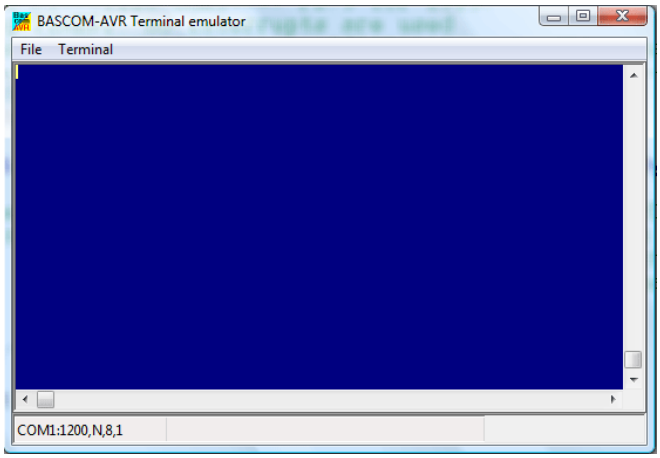
- واجهة المحاكاة: وفيها يتم تشغيل البرنامج خطوة_خطوة ومراقبة حالة المسجلات الداخلية الذواكر.



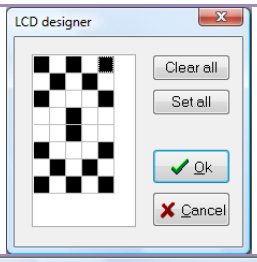
- واجهة المبرمجة: وفيها يتم برمجة المعالج بعد إجراء عملية توليد الملف البرمجي بالأمر Compile.



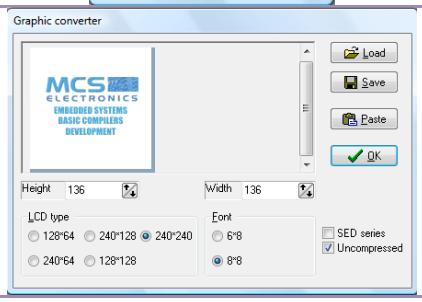
- واجهة الربط البيني: وفيها يتم عرض المعلومات المرسلة والمتلقاة بين المعالج والحاسب بهدف مراقبة بارامترات النظام بشكل آني.



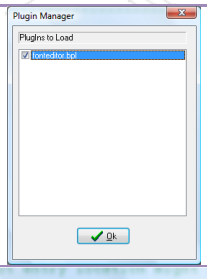
بالإضافة إلى الواجهات الأربعة يملك برنامج Bascom-AVR أدوات مساعدة وهي:



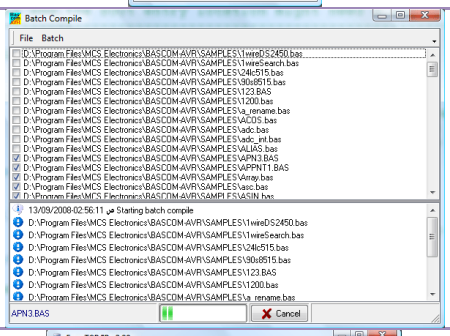
أداة تصميم المحارف (LCD Designer): وتستخدم لتصميم المحارف التي لا توجد على لوحة مفاتيح الحاسب من أجل إظهارها على شاشة الإظهار الكريستالية.



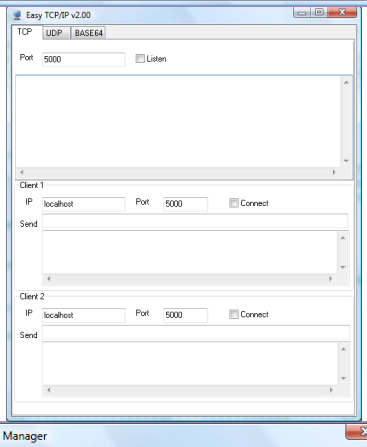
أداة تحويل الصور (Graphic Converter): وتستخدم لتحويل امتداد الصور المراد إظهارها على شاشة الإظهار الرسومية GLCD إلى الصيغة bgf.*



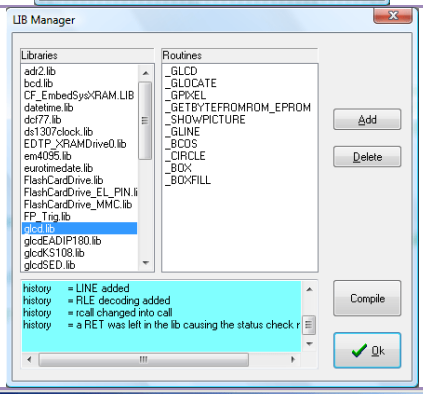
أداة مدير الإضافات (Plugin Manager): وتستخدم لإضافة/حذف الأدوات والموديولات الخارجية.



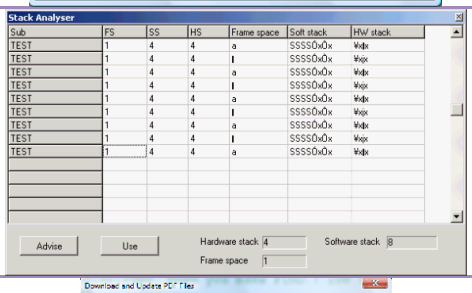
أداة مترجم الملفات المتعددة (Patch Compiler): وتستخدم لتوليد الملف البرمجي لعدة ملفات في آن واحد.



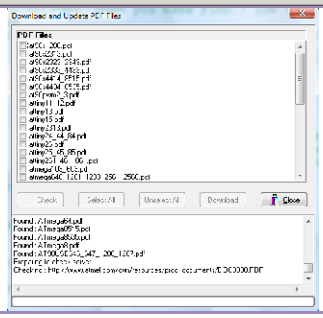
أداة التحكم بالبروتوكول TCP/IP: تستخدم للتحكم ومراقبة المعلومات الموجودة على خط المعطيات.



أدارة إدارة المكتبات (LIB Manager): وتستخدم لإدارة مكتبات البرنامج (حذف \ إضافة).



أداة محلل حالة المكدس (Stack Analyzer): وتستخدم لتحديد حجم المكدس المناسب للتطبيق.



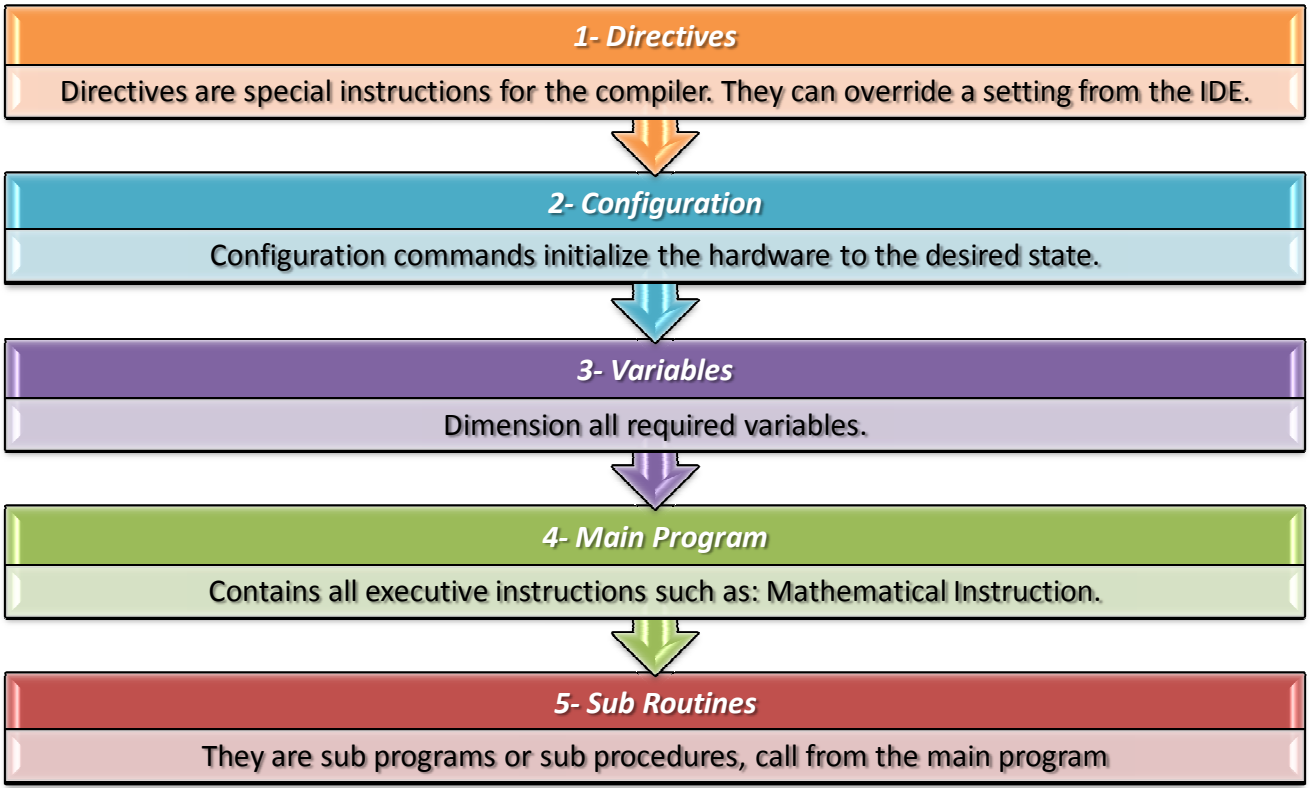
أداة ملفات الوثائق الفنية (PDF Update): تقوم هذه الأداة بالاتصال مع موقع شركة ATMEL وإحضار آخر تحديث للوثائق الفنية للمعالجات المستخدمة من العائلة AVR.

أداة تحويل الكود البرمجي إلى ملف نصي (Export to RTF fle): تصدر الكود إلى ملف WORD.

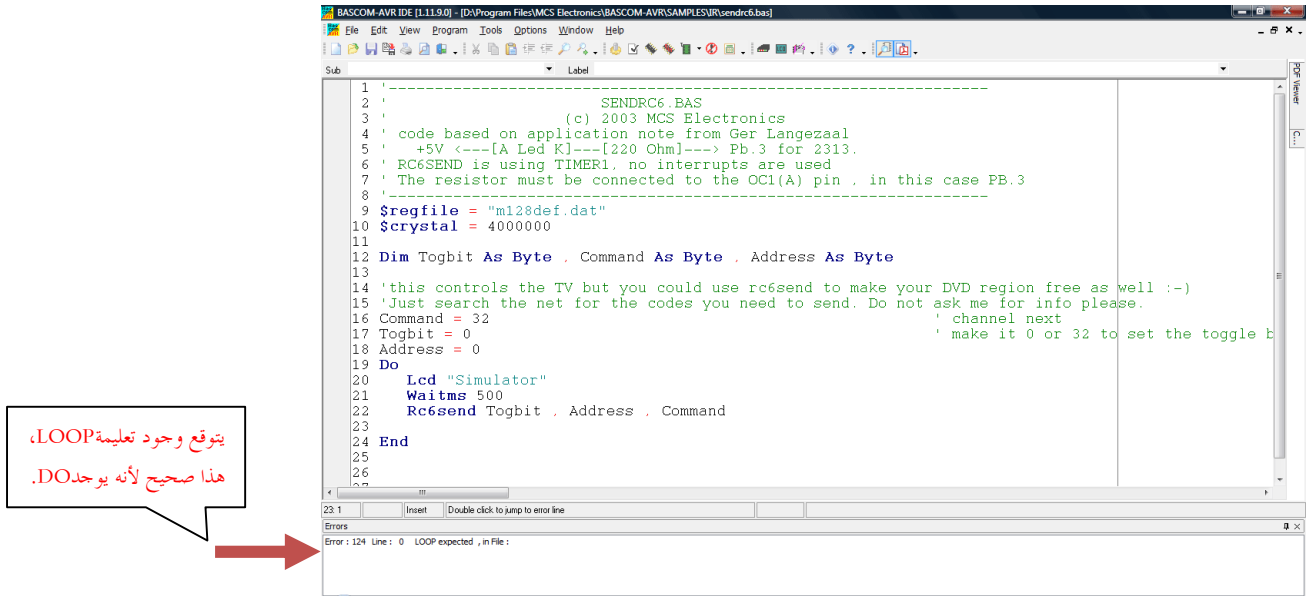
أداة تحويل الكود البرمجي إلى ملف نصي (Export to HTML): تصدر الكود إلى صفحة إنترنت.

خطوات كتابة كود البرمجي في البرنامج Bascom-AVR وبرمجته على شريحة متحكم مصغر:

1. قم بتشغيل البرنامج من قائمة البرامج واختر ملف جديد.
2. من أجل كتابة كود برمجي متماسك ومفهوم مع إمكانية تعديله أو تطويره بسهولة مستقبلاً، فإنه يجب الالتزام بالهيكلية التالية في مراحل كتابة البرنامج:



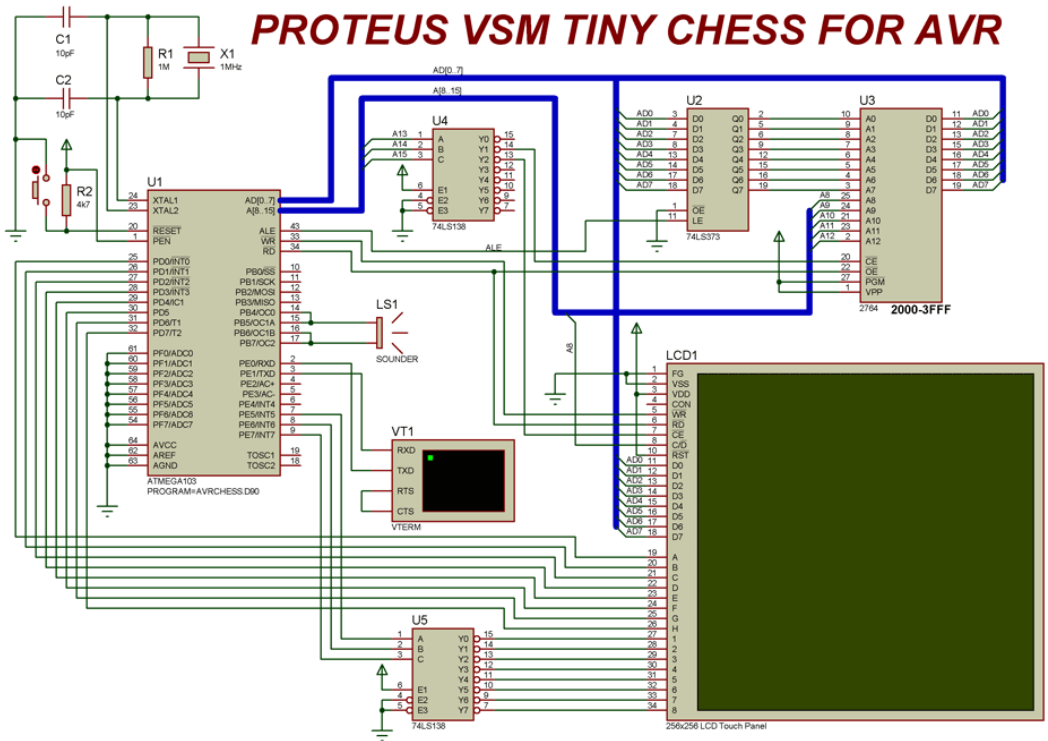
3. بعد الانتهاء من كتابة الكود قم باختيار أمر تفحص الأخطاء (Syntax Check) من القائمة (Program).
4. في حال وجود خطأ برمجي سوف تشير نافذة الأخطاء (أسفل الواجهة الرئيسية) إلى موقع الخطأ وسببه.



5. بعد الانتهاء من تفحص الأخطاء، قم باختيار أمر الترجمة (Compile) من القائمة (Program)، سيقوم البرنامج بتوليد الملفات البرمجية اللازمة للمبرمجة.
6. قم باختيار أمر الإرسال إلى المبرمجة (Send to programmer) من القائمة (Program).

قائمة تصنيف أنواع التعليمات في البيئة البرمجية Bascom-AVR حسب وظيفتها ...

بيئة المحاكاة ISIS Proteus: ISIS Proteus Simulation



يعتبر برنامج Proteus من أقوى برامج المحاكاة لدارة المتحكمات المصغرة وهو يملك العديد من المكتبات التي تغطي جميع أنواع المحيطيات التي يمكن وصلها مع المتحكم المصغر بالإضافة إلى أدوات القياس العديدة.

سوف نستخدم هذا البرنامج لمحاكاة جميع لتجاب التي سوف نتطرق إليها لاحقاً...

مقارنة بين أشهر عائلات المتحكمات المصغرة: Comparison between most famous µC families

الجدول التالي يقارن يبين الميزات الأساسية للمتحكمات AVR, PIC, 8051.

	AVR	PIC	8051
تردد المعالج الأعظمي	16MHZ	20MHZ	24MHZ
عدد النبضات لكل تعليمة	1Cycle	4Cycle	12Cycle
عدد التعليمات في الثانية	16/1 = 16MIPS	20/4 = 5MIPS	24/12 = 2MIPS
نسبة الميزات المحيطية	100%	70%	50%
عدد التعليمات	132	35	215
حجم ذاكرة البرنامج	>256KBytes	<64KBytes	<32KBytes
بنية الذاكرة	Liner	banked	Liner
بنية المعالج	RISC/Harvard	RISC/Harvard	CISC/Von Neumann
عرض ناقل البيانات	16 Bit	12 Bit	8 Bit

متحكمات العائلة AVR® 8-Bit: AVR Microcontrollers Family

تضم عائلة المتحكمات AVR عشرة أصناف أساسية وذلك تبعاً لنوع التطبيق المستخدم موضحة بالجدول التالي:

الصنف	الاستخدام
Automotive AVR	تستخدم في أنظمة التحكم بالمحركات وأنظمة التحكم بالسيارات
AVR Z-Link	تستخدم في بروتوكولات الإرسال الراديوي اللاسلكي في IEEE 802.15.4 / ZigBee
Batery Management AVR	تستخدم للتحكم في شحن المدخرات ومراقبتها وهي تعمل في جهود مرتفعة 1.8~25 فولت
CAN AVR	تستخدم للتحكم ببروتوكول الشبكات CAN وتدعم: CANopen, DeviceNet, OSEK
LCD AVR	تستخدم كمعالجات تشغيل أساسية لشاشات الإظهار الكريستالية LCD
Lighting AVR	تستخدم في تطبيقات التحكم الاستطاعية بسرعة المحركات وشدة الإضاءة
USB AVR	تستخدم كموزع أو مخدم للبروتوكول USB
Tiny AVR	تستخدم لأغراض التحكم العامة وتتميز بصغر حجمها
MEGA AVR	تستخدم لأغراض التحكم العامة وبميزات متعددة وبتردد عمل أعظمي 20MIPS
XMEGA AVR	تستخدم لأغراض التحكم العامة وتعتبر أضخم العائلات وميزاتها كثيرة جداً 32MIPS
AT90Sxxxx	وقد تم استبدالها مؤخراً بالعائلة MEGA وهي تشكل متحكمات العائلة المتوسطة

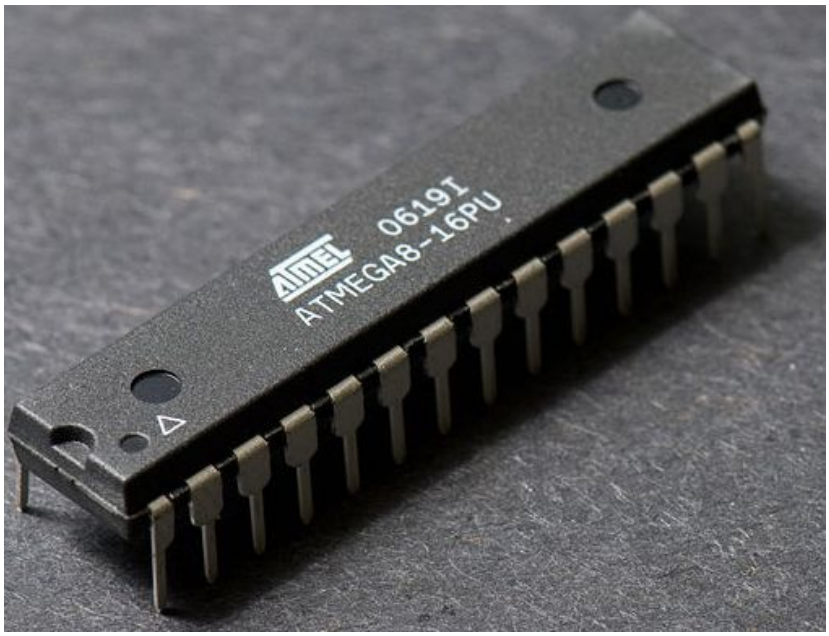
BatteryM AVR	Lighting AVR	USB AVR	megaAVR	tinyAVR
18 ~ 48 Pin	24 ~ 32 Pin	32 ~ 64 Pin	28 ~ 100 Pin	8 ~ 32 Pin
MAX I/O 4~18	MAX I/O 19~27	MAX I/O 22~48	MAX I/O 23~86	MAX I/O 6~28
4KB~40KB Flash	8KB~16KB Flash	8KB~128KB Flash	4KB~256KB Flash	1KB~8KB Flash
256B~1KB EPROM	512B EPROM	512B~4KB EPROM	512B~4KB EPROM	64B~512B EPROM
512B~2KB SRAM	512B~1KB SRAM	512B~8KB SRAM	512B~16KB SRAM	32B~512B SRAM
Up To 8MIPS	Up To 16MIPS	Up To 16MIPS	Up To 20MIPS	Up To 20MIPS
1.8V – 25V	2.7V – 5.5V	2.7V – 5.5V	1.8V – 5.5V	1.8V – 5.5V

Automotive AVR	CAN AVR	LCD AVR	AVR Z-Link	xmegaAVR
14 ~ 64 Pin	64 Pin	64 ~ 100 Pin	MCU Wireless	44 ~ 100 Pin
MAX I/O 6~54	32KB~128KB Flash	MAX I/O 54~69	chipset for:	MAX I/O 36~78
2KB~128KB Flash	1KB~4KB EPROM	16KB~64KB Flash	IEEE 802.15.4	16KB~384KB Flash
128B~4KB EPROM	1K~4KB SRAM	512B~2KB EPROM	and	1KB~4KB EPROM
128B~4KB SRAM	Up To 16MIPS	1KB~4KB SRAM	ZigBee	2KB~32KB SRAM
Up To 16MIPS	2.7V – 5.5V	Up To 20MIPS	applications.	Up To 32MIPS
2.7V – 5.5V		1.8V – 5.5V		1.8V – 3.6V

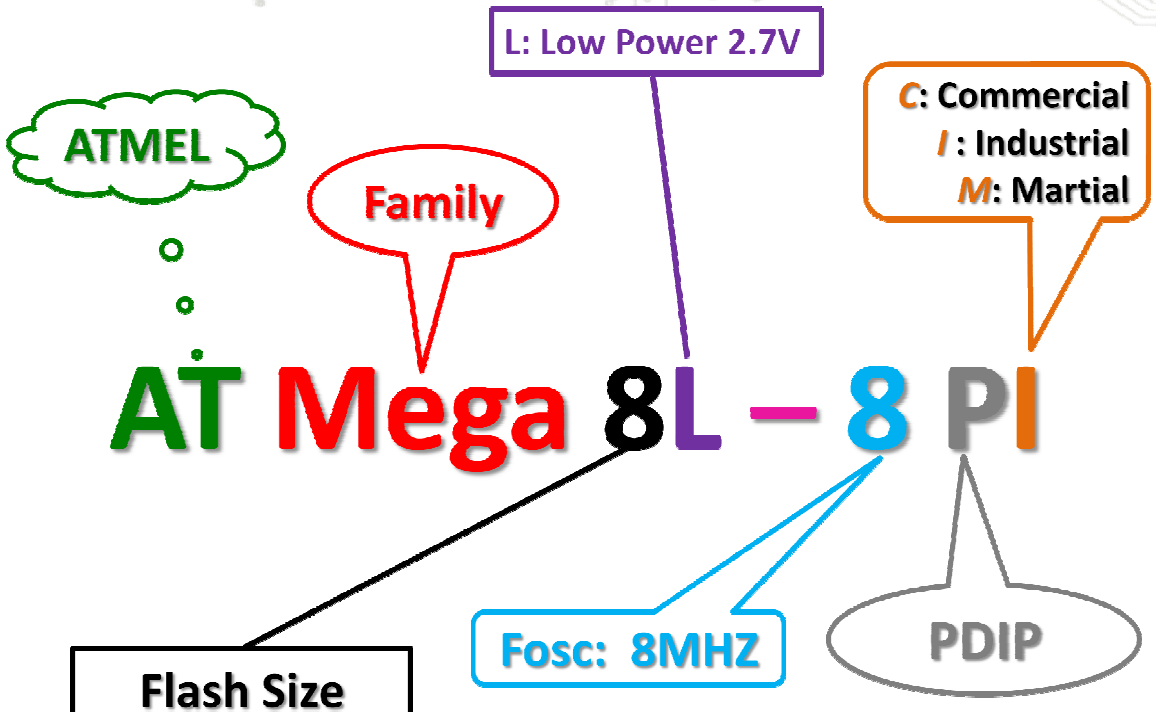
Reading AVR Package information — قراءة تكويد معالجات العائلة AVR:

إن أي شريحة متكاملة تملك رقماً (كوداً) على الوجه العلوي لها يعطي هذا الرقم دلالة معينة لهذه الشريحة.

بالنسبة لمعالجات العائلة AVR فإنها تملك – تكويداً – مخصصاً كما في الشكل التالي:



إن هذا التكويد يعطي معلومات أساسية عن الشريحة لها الدلالات التالية:



AT: هي اختصار لاسم الشركة المصنعة ATMEL.

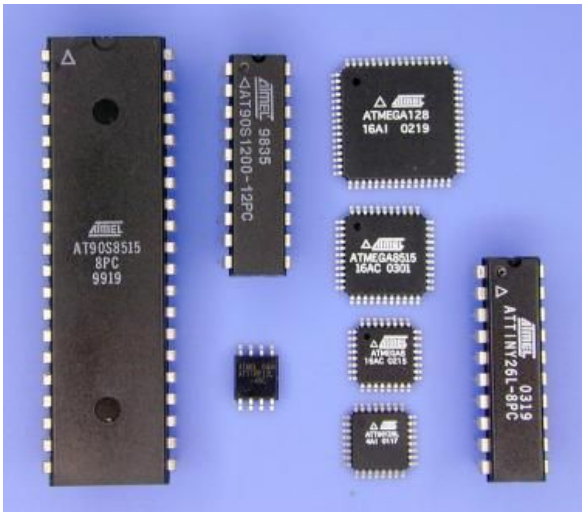
Mega: العائلة التي ينتمي إليها هذا المعالج.

8: هذا الرقم يعبر عن حجم ذاكرة البرنامج ويمكن أن يكون: 8,16,32,64,128,256, etc...

L: في حال أن المعالج يملك حرف L فهذا يعني أنه قابل على العمل بجهود منخفضة (2.7V~5.5V) وبدون هذا الحرف – كما في الصورة أعلاه – فهذا يعني أن المعالج يعمل عند جهود (4.5V~5.5V).

8: تدل على تردد العمل الأعظمي للمعالج، ويمكن أن تكون 16 أو 20.

P: تدل على شكل غلاف الشريحة، فإما أن تكون من نوع يتم لحامه على الطبقة السفلية للدارة المطبوعة (PDIP)، أو من النوع السطحي الذي يتم لحامه على الطبقة العلوية للدارة المطبوعة (SOIC, TQFP, LQFP...).



I: تدل على نوع التطبيق الذي يستخدم المعالج لأجله، فإما أن يكون تجارياً (C) أو صناعياً (I) أو عسكرياً (M) والاختلاف في ذلك هو من حيث قدرة المعالج على تحمل درجات الحرارة والضجيج العالي.

كيفية قراءة الوثائق الفنية للدارات المتكاملة: Reading Datasheet of ICs

عند شراء دارة متكاملة وأريد تشغيلها، فإن أول ما يحتاج إليه لمعرفة كيفية عملها ووظائف أقطابها توزع تلك الأقطاب، هو قراءة المعلومات المهمة من الوثيقة الفنية – Datasheet – الخاصة بالدارة المتكاملة.

وهنا أود التنويه إلى أنه لن يحتاج المبرمج إلى قراءة الوثيقة الفنية كاملةً للمتحكم المصغر من أجل برمجته عن العمل في بيئة البرنامج Bascom-AVR وهذا بدوره يختصر وقتاً كبيراً في تعلم برمجة المتحكمات المصغرة بدون اللجوء إلى دراسة البنية الداخلية للمعالج مفصلةً كما هو الحال عند البرمجة بلغة التجميع (Assembly).

لذلك، سوف أشرح المعلومات التي تفيدنا في الوثيقة الفنية كالميزات الأساسية للمعالج وتوزع الأقطاب، مع العلم أنه لابد – لاحقاً – من العودة إلى بعض التفاصيل في البنية الداخلية للمعالج عن مرحلة متقدمة.

ملاحظة: إن المعلومات التي تهمنا دائماً في الوثيقة الفنية تكون موجودة في الصفحات الثلاث الأولى.

قراءة الوثيقة الفنية للمعالج ATmega128: Reading Datasheet of ATmega128

- الصفحة الأولى والتي تحوي على ميزات المعالج (Features).

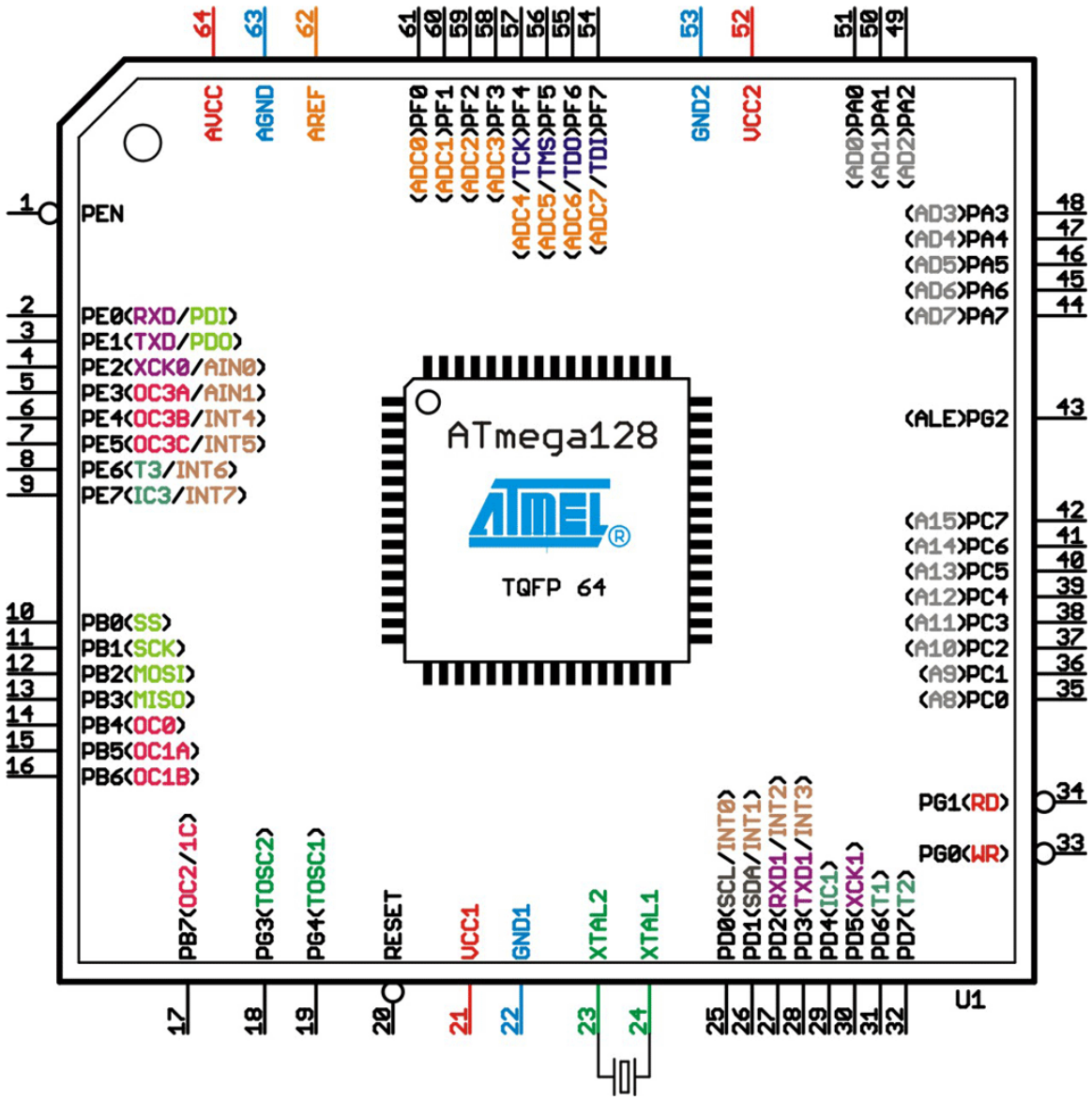
متحكم 8-bit بأداء عالٍ واستهلاك منخفض للطاقة.	High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
• **بنية متطورة من النوع RISC (أقل عدد ممكن من التعليمات):** – 133 تعليمة معظمها تنفذ بدورة آلة واحدة – 32 x 8 مسجلات أغراض عامة + ومسجلات تحكم محيطية – عمل مستقر ومناعة ضد الضجيج – قادر على تنفيذ 16 مليون تعليمة في الثانية عند تردد 16 MHz – يحوي على مضاعف دورة العمل	• Advanced RISC Architecture. – 133 Powerful Instructions Most Single Clock Cycle. – 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers – Fully Static Operation – Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz – On-chip 2-cycle Multiplier
• **ذاكرة معطيات دائمة:** – 128KB ذاكرة برنامج يمكن برمجتها بدون فصل المعالج عن الدارة، قابلة للمسح والكتابة 10,000 مرة – أقفال برمجية مستقلة مع قطاع مخصص لكود إقلاع. – 4KB ذاكرة معطيات دائمة EEPROM قابلة للمسح والكتابة 100,000 مرة – 4KB ذاكرة وصول عشوائي مؤقتة SRAM – إمكانية عنونة 64KB (وصل) ذاكرة برنامج خارجية – أقفال برمجية من أجل حماية البرنامج على الشريحة – واجهة ربط تسلسلية (SPI) من أجل برمجة المعالج دون فصله	• Nonvolatile Program and Data Memories – 128K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles – Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits In-System Programming by On-chip Boot Program - True Read-While-Write Operation – 4K Bytes EEPROM Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles – 4K Bytes Internal SRAM – Up to 64K Bytes Optional External Memory Space – Programming Lock for Software Security – SPI Interface for In-System Programming
• **واجهة اختبار (JTAG):** – قابلية مسح المسجلات الداخلية للمعالج وقراءة حالاتها – دعم متقصي أخطاء (Debug) شامل للشريحة – إمكانية برمجة ذاكرة البرنامج وذاكرة المعطيات.	• JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface – Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard – Extensive On-chip Debug Support –Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface

• **الميزات المحيطية:** – اثنان مؤقت/عداد 8-bit مزود بأنماط مقسم ترددي وحادثة مقارنة – اثنان مؤقت/عداد 16-bit موسع مزود بأنماط مقسم ترددي وحادثة مقارنة وحادثة مسك – عداد الزمن الحقيقي مع هزاز مستقل – قناتي خرج (PWM) تعديل عرض النبضة 8-bit – ستة قنوات خرج (PWM) تعديل عرض النبضة 16-bit مع إمكانية التحكم بالدقة من 2 وحتى 16 بت – ثمان قنوات تبديل تشابهي/رقمي بدقة 10-bit – نافذة اتصال تسلسلية ثنائية (I^2C) – نافذتي اتصال تسلسلي (USARTs) قابلة للبرمجة – نافذة اتصال تسلسلية (SPI) بنمطي عمل قائد/تابع – مؤقت مراقبة قابل للبرمجة مع هزاز مستقل – نافذة مقارن تشابهي	• Peripheral Features –Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes –Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode – Real Time Counter with Separate Oscillator – Two 8-bit PWM Channels – 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits – Output Compare Modulator – 8-channel, 10-bit ADC – Byte-oriented Two-wire Serial Interface – Dual Programmable Serial USARTs – Master/Slave SPI Serial Interface – Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator – On-chip Analog Comparator
• **الميزات الخاصة للمعالج:** – تصفير عند وصل التغذية وكاشف انخفاض جهد التغذية للشريحة – هزاز داخلي معاير – مصادر مقاطعة خارجية وداخلية – ستة أنماط لتخفيض الطاقة ولتخفيض ضجيج المبدل – إمكانية تحديد تردد الهزاز الداخلي برمجياً – نمط تلاؤمي مع المعالج ATmega103 يحدد عن طريق الفيوزات – إلغاء شامل لمقاومات الرفع الداخلية للبوابات	• Special Microcontroller Features – Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection – Internal Calibrated RC Oscillator – External and Internal Interrupt Sources – Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby – Software Selectable Clock Frequency – ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse – Global Pull-up Disable
• **عدد أقطاب الدخل/الخرج وشكل الغلاف الخارجي المعالج:** – 53 قطب دخل/خرج قابل للبرمجة من أجل الغلاف PDIP – 64 قطب دخل/خرج قابل للبرمجة من أجل الغلاف TQFP	• I/O and Packages – 53 Programmable I/O Lines-PDIP – 64-lead TQFP and 64-pad MLF
• **جهود العمل للشريحة:** – جهد عمل في المجال 2.7 - 5.5V أجل المعالج ATmega128L – جهد عمل في المجال 4.5 - 5.5V أجل المعالج ATmega128	• Operating Voltages – 2.7 - 5.5V for ATmega128L – 4.5 - 5.5V for ATmega128
• **درجات سرعة عمل المعالج:** – تردد عمل أعظمي حتى 8-MHz من أجل المعالج ATmega128L – تردد عمل أعظمي حتى 16-MHz من أجل المعالج ATmega128	• Speed Grades – 0 - 8 MHz for ATmega128L – 0 - 16 MHz for ATmega128

بالنظر إلى هذه الميزات المذكورة أعلاه فإن معظمها ربما يكون غريباً للوهلة الأولى، ولكن سيأتي دو كل منها مفصلاً في التجارب اللاحقة.

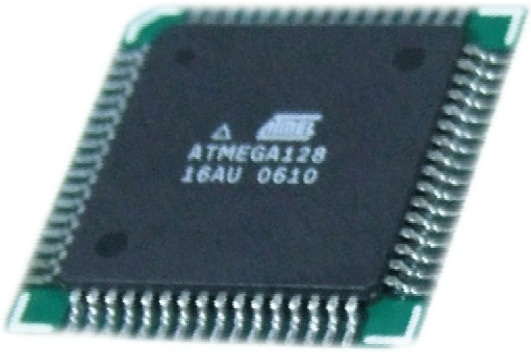
إن هذه الميزات تختلف من معالج إلى آخر من حيث تطورها وعددها، ويعتبر المعالج ATmega128 من أكثر المعالجات المتقدمة في العائلة ATmegaxxx وبالتالي فإننا ندرس الآن الحالة الأعم والأشمل.

- الصفحة الثانية تحوي على توزع أقطاب المعالج (Pin Configurations).

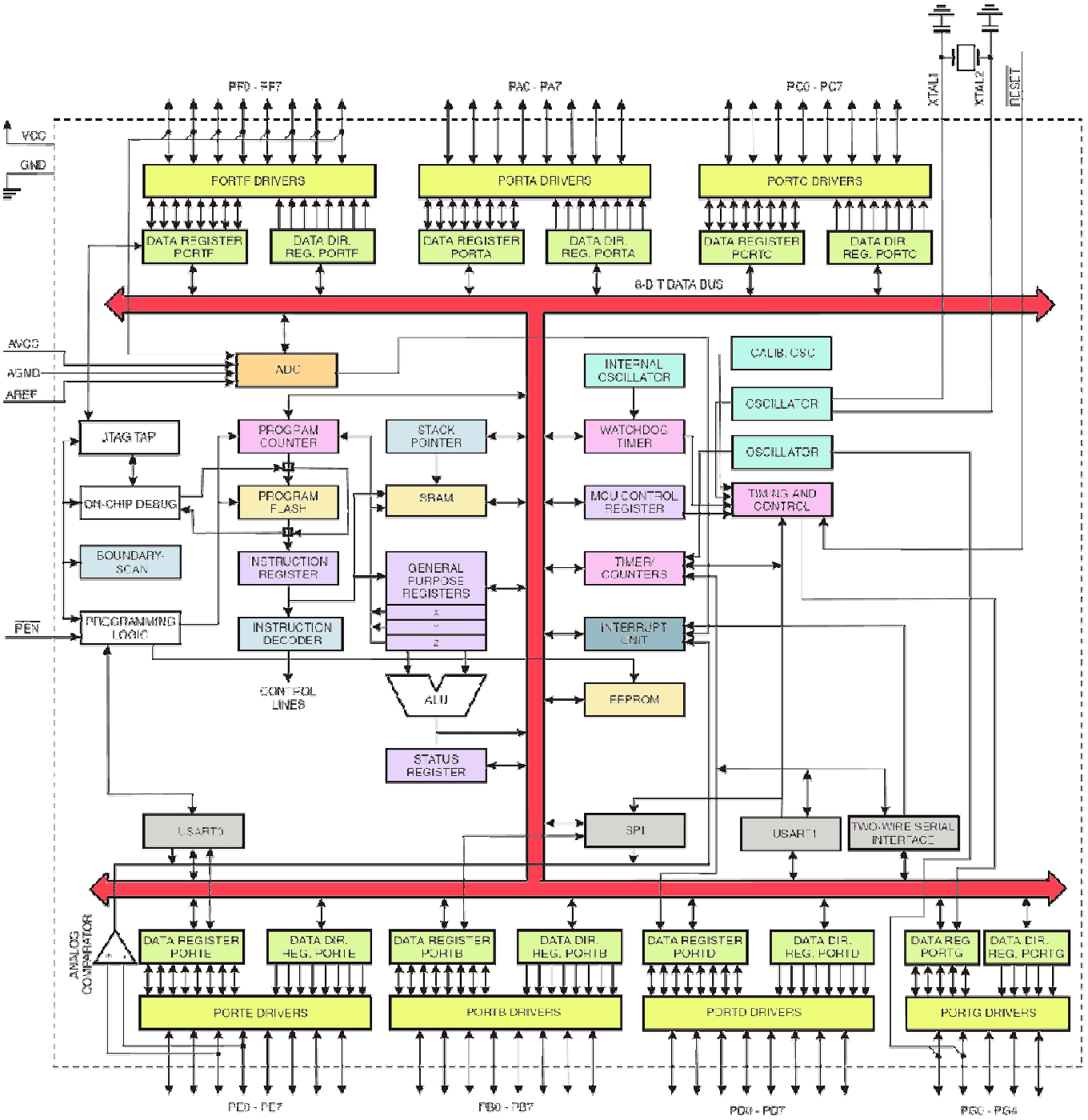


إن معظم الأقطاب تملك أكثر من وظيفة ومثال ذلك:

القطب رقم 2 (PE0(RXD/PDI: إن هذا القطب يملك ثلاث وظائف مختلفة ومنفصلة عن بعضها (لا يمكن أن تعمل جميعها في نفس الوقت)، حيث إما أن يكون قطب دخل/خرج من البوابة PE0 أو أن يكون قطب الاستقبال للنافذة التسلسلية UART أو أن يكون قطب الاستقبال للنافذة JTAG. سيأتي لاحقاً شرح وظائف الأقطاب عملياً من خلال التجارب.



- الصفحة الثالثة تحوي على المخطط الصندوقي للبنية الداخلية للمعالج (Block Diagram).



إن مخطط البنية الداخلية للمعالج يعطي فكرة عامة عن طريقة ربط الوحدات المحيطية والمسجلات مع وحدة المعالجة المركزية.

إن البنية الداخلية لمعالجات العائلة AVR تم تصميمها وفقاً لمعمارية Harvard وتقنية RISC، ولابد من شرح بسيط لهاتين الفكرتين...

Standard Systems Design معيارية تصميم النظم:

تعرف المعيارية بأنها الطريقة التي يتعامل بها المعالج مع الذاكرة في جلب وتنفيذ التعليمات وتخزين البيانات.

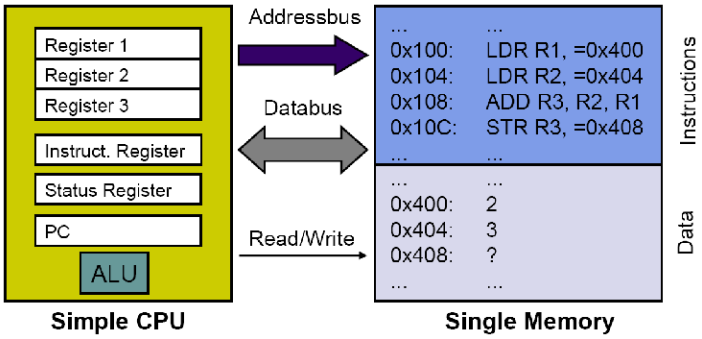
يوجد معياريتين أساسيتين في تصميم المعالجات: معيارية (Harvard) ومعيارية (Von Neumann).

معيارية Von-Neumann:

تتكون هذه المعيارية من المعالج وناقل وحيد لنقل التعليمات والبيانات كل على حدا، وبالتالي سوف يحتاج إلى نبضات ساعة أكثر من أجل تنفيذ عملية واحدة، لذلك تتصف هذه النظم بكونها بطيئة نسبياً.

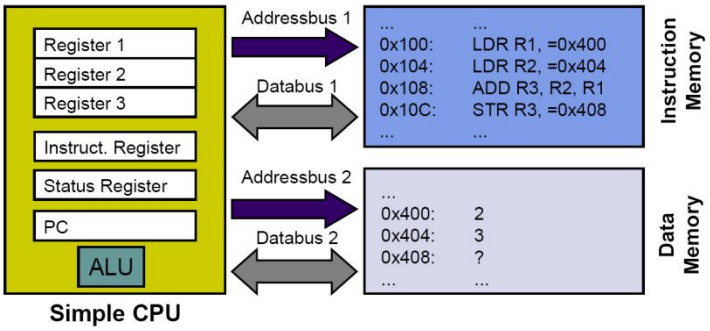
عملها:

- يقوم المعالج بجلب التعليمات من الذاكرة.
- يقوم بقراءة البيانات من الذاكرة.
- إجراء العمليات على البيانات.
- إعادة كتابة تلك البيانات على الذاكرة.



معيارية Harvard:

تتكون هذه المعيارية من المعالج وناقلين منفصلين أحدهما لنقل التعليمات والآخر لنقل البيانات، وتختلف ذاكرة البيانات عن ذاكرة التعليمات ولكل واحدة خطوط عنونة وتحكم وممر معطيات مختلف عن الأخرى، ولهذه الطريقة ميزة كبيرة وهي أن عملية قراءة التعليمات والبيانات تتم في نفس الوقت وبالتالي سرعة أكبر بكثير في عمل المعالج.



Methods Architecture Systems Design تقنيات تصميم بنية النظم:

يتم تصميم بنية نظم المعالجات وفقاً لثلاث تقنيات:

CISC: Complex Instruction Set Computer (150 ~ 1500 Instruction).

RISC: Reduced Instruction Set Computer (30 ~ 130 Instruction).

MISC: Minimum Instruction Set Computer (15 ~ 30 Instruction).

تتعارض هذه التقنيات في الهدف من تصميم المعالجات، فتقنية CISC تهتم بسرعة عمل المعالج، فلذلك تقوم بوضع تعليمة لكل حدث يتم في المعالج، وبالتالي يمكن أن تصل مجموعة تعليمات هذه المعالجات إلى آلاف

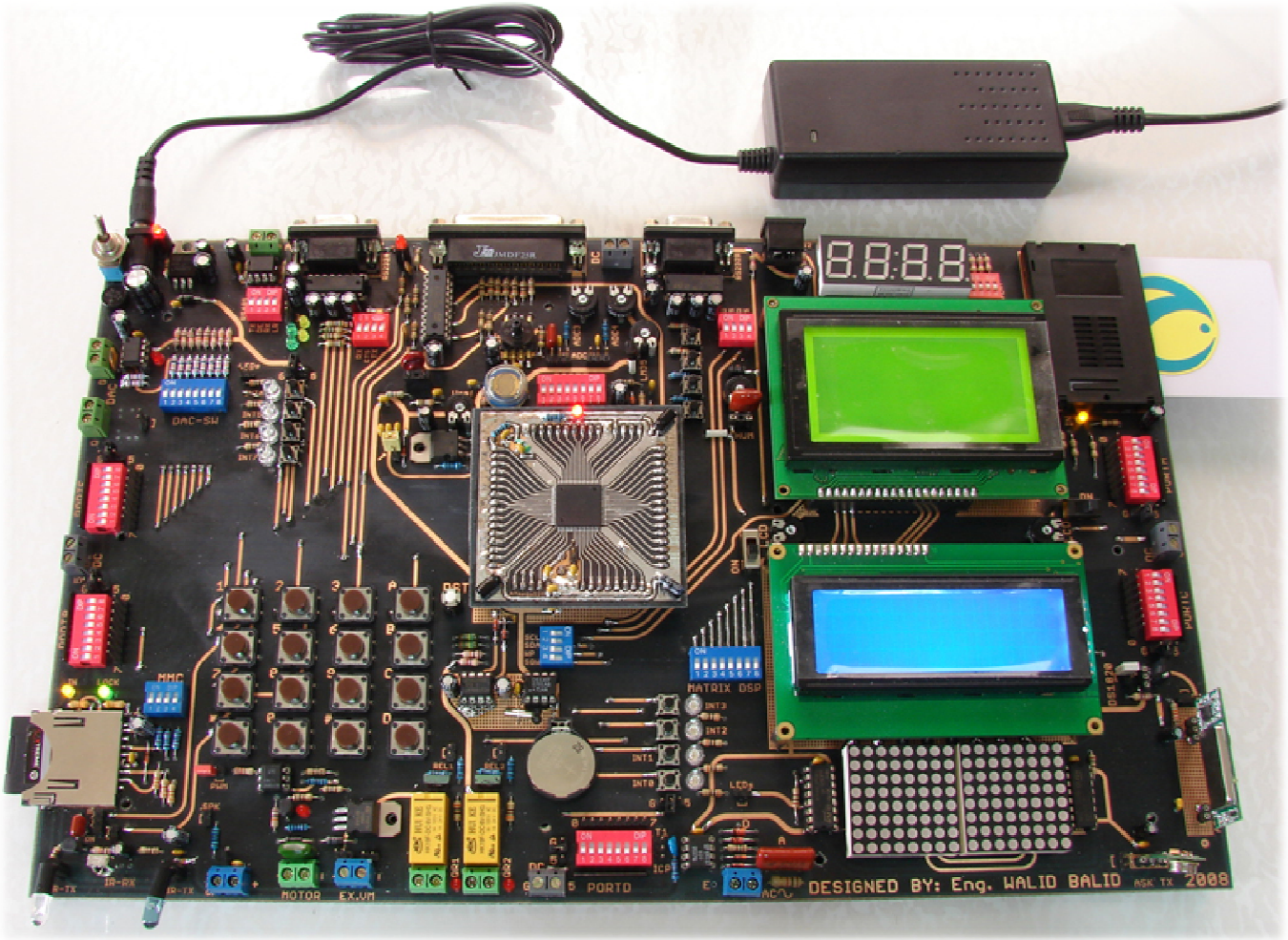
التعليمات المتخصصة، كما أن زيادة عدد التعليمات يؤدي إلى زيادة تعقيد العتاد لأننا سنحتاج إلى مسجلات داخلية إضافية لهذه التعليمات وبالتالي زيادة عدد الترانزستورات ومنه تزداد تكلفة المعالج وتزداد ضياعات الطاقة فيه مما ينتج عنه ارتفاع في درجة حرارته وهذا بالفعل ما نلاحظه في معالجات AMD & INTEL الحديثة.

أما معالجات RISC فتهتم ببساطة التعليمات "استخدام تعليمات عامة" وتقليل عددها ولكن هذا ينعكس سلباً على سرعة أداء البرنامج وطوله، ومن ناحية أخرى فإن تقليل عدد التعليمات يؤدي إلى تقليل العتاد ومنه إلى انخفاض عدد الترانزستورات وبالتالي تخفيف الضياعات الكهربائية وانخفاض درجة حرارة المعالج و سعره، ومع وجود لغات برمجة عالية المستوى لم تعد هناك مشكلة تعقيد البرنامج في المعالجات ذات البنية RISC، وهذه البنية تعتمدها معظم أنواع المتحكمات المصغرة (Microcontrollers) ومعالجات الإشارة الرقمية (DSPs).

مؤخراً أصبح من المهم جداً وجود معالجات تعمل تحت جهود عمل منخفضة جداً واستجرار تيار تشغيل أصغري (µA)، ومن أجل هذا يجب تقليل عدد المسجلات الداخلية للمعالج من خلال تقليل عدد التعليمات، ولهذا وجدت بنية جديدة MISC، ولكن هذا النوع من المعالجات يتم برمجته باستخدام مترجمات عالية المستوى.

AVR Development Board لوحة التطوير لعائلة المتحكمات AVR:

لقد تم تصميم هذه البورد بحيث تخدم المبتدئ والمتقدم في تعلم برمجة متحكمات العائلة AVR، حيث أنها تضم أكثر من 50 تجربة مختلفة ومستقلة بالإضافة إلى إمكانية ربط موديولات خارجية عن طريق وحدات التوسعة المحيطية، كما أنها تعتمد في تصميمها على تقنيات التعليم التفاعلي -المتطورة- بين المستخدم والحاسب وهو ما يسمى بـ: (Human-Computer Interaction Methods).



التجارب الأساسية للوحة التطوير مرتبةً:

1. استثمار بوابة المتحكم كبوابة خرج من أجل تشكيل حركة ضوئية باستخدام الثنائيات ضوئية.
2. استثمار بوابة المتحكم كبوابة دخل لقراءة حالة مفاتيح لحظية.
3. استثمار بوابات المتحكم كبوابات دخل/خرج لأغراض التحكم.
4. تشغيل زمني لمخارج تحكم استطاعية (ريليه).
5. برمجة لوحة مفاتيح ست عشرية موصلة بطريقة مصفوفة.
6. برمجة شاشة إظهار كريستالية محرفية LCD 20x4.
7. برمجة شاشة إظهار كريستالية رسومية GLCD 128x64.

8. توليد نغمات صوتية.
9. توليد نغمات DTMF.
10. تعليمات الإزاحة والدوران.
11. تحويل قطب رقمي إلى قطب تشابهي لأغراض قياس السعات والمقاومات.
12. برمجة مستقبل أشعة تحت الحمراء وفق البروتوكولات RC5, RC5-Extended.
13. برمجة مرسل أشعة تحت الحمراء لأغراض التحكم عن بعد وفق البروتوكولات RC5, RC5-Extended.
14. تشغيل لوحة إظهار سباعية فردية كعداد عشري 9 – 0.
15. تشغيل أربع لوحات إظهار سباعية كعداد عشري 9999 – 0.
16. برمجة النافذة التسلسلية UART1 وتقنيات الربط التسلسلي مع الحاسب باستخدام البروتوكول RS232.
17. برمجة النافذة التسلسلية UART2 وتشكيل نوافذ تسلسلية إضافية برمجياً.
18. نقل المعطيات باستخدام بروتوكول الاتصال التسلسلي التفاضلي RS485.
19. التحويل التشابهي الرقمي والجهد المرجعي للمبدل.
20. قياس شدة الإضاءة.
21. قياس قيمة مقاومة ومكثف.
22. قياس درجة الحرارة في المجال $-45^{o}C$ ~ $+100^{o}C$ باستخدام حساس حرارة تشابهي LM35DZ.
23. ربط لمقاومة ذات العامل الحراري السالب NTC مع مبدل ADC لأغراض قياس درجات الحرارة العالية.
24. طريقة ربط عدة مفاتيح لحظية إلى قطب وحيد.
25. ربط حساس قياس الضغط الجوي إلى مبدل ADC.
26. كاشف العوائق باستخدام الأشعة تحت الحمراء.
27. نقل البيانات لاسلكياً باستخدام الأشعة تحت الحمراء.
28. نقل البيانات لاسلكياً باستخدام الأمواج الراديوية.
29. التحكم بسرعة محرك تيار مستمر باستخدام تقنيات تعديل عرض النبضة (PWM).
30. قياس تردد إشارة منبع كهربائي عالي.
31. مقياس وعداد ترددي رقمي.
32. البرامج الوظيفية وتمرير المتحولات وهيكلية تنظيم البرامج المعقدة لتسهيل تطويرها مستقبلاً.
33. ربط شبكة لادر (Ladder) لأغراض تحويل الإشارة الرقمية إلى إشارة تشابهية (DAC).
34. استخدام تعديل عرض النبضة مع مرشح لأغراض تحويل الإشارة الرقمية إلى إشارة تشابهية (DAC).

35. تقنيات التحكم بالمحركات الخطوية.
36. برمجة شريحة توليد الزمن الحقيقي (RTC) لأغراض التوقيت الدقيق.
37. تخزين وقراءة المعطيات على ذاكرة خارجية EEPROM.
38. ساعة رقمية بالاعتماد على ساعة الزمن الحقيقي الداخلية للمعالج.
39. برمجة المؤقتات في أنماط العمل: Overflow, Compare & Capture modes.
40. تخزين البيانات على شريحة وسائط رقمية (MMC).
41. استخدام البطاقة الذكية (Smart Card) لأغراض التشفير والحماية.
42. ربط لوحة مفاتيح حاسوبية (PS2) مع المتحكم وطباعة الأحرف والأرقام على شاشة الإظهار المحرفية.
43. ربط فأرة حاسوبية (PS2) مع المتحكم وإظهار الحركة على شاشة الإظهار الرسومية.
44. استثمار البروتوكول 1-Wire من خلال ربط حساس حرارة رقمي تسلسلي (DS1821) مع المتحكم.
45. برمجة وحدات إظهار نقطية (LED-Matrix Displays) لتعمل كجريدة إلكترونية متحركة.
46. الوصلة المطورة للبروتوكول RS232 مع النافذة USART باستخدام خطوط المصافحة.
47. برمجة ذاكرة المعطيات الداخلية للمعالج EEPROM.
48. برمجة التعليمات الرياضية المعقدة.
49. استثمار المقارن التشابهي في المتحكم.
50. قراءة وتوليد قطار نبضات تسلسلي.
51. برمجة أنماط توفير الطاقة ومؤقت المراقبة.
52. تتبع حالة مسجلات المعالج الداخلية لاكتشاف الأخطاء عن طريق النافذة التسلسلية JTAG.
53. تقنيات تصميم وحدات ربط مخارج التحكم للمتحكم المصغر إلى مخارج استطاعية.
54. اعتبارات تصميم دارات الكيان الصلب (PCBs) للمتحكمات وإلغاء تأثيرات الـ ESD, EMC & EMI.
55. البرمجة التفرعية من أجل وظائف متعددة (Multitasking) في أنظمة الزمن الحقيقي (RTS).
56. ربط موديول خارجي إلى لوحة التطوير لتمييز الصوت المحيط وقياس شدته.
57. ربط موديول خارجي إلى لوحة التطوير لبرمجة وتشغيل شريحة تسجيل صوتي عن طريق النافذة SPI.

خطة العمل على المشروع: AVR Development Board Designing schedule

1- البحث المكتبي عن جميع الشركات المصنعة للوحات التطوير المتخصصة في برمجة المتحكمات AVR.

2- جمع الميزات والوظائف الأساسية لهذه اللوحات ومقاطعتها مع بعضها للحصول على ميزات جديدة متكاملة مستندة إلى تلك الميزات.

3- دراسة الحاجة إلى تجارب عملية تغطي معظم الاختصاصات في الهندسة الالكترونية بأقسامها (تحكم، اتصالات، قيادة، إلكترون).

4- جمع هذه الدراسة الأكاديمية وتنفيذها على شكل لوحة تطوير عملية تراعي في تصميمها جميع الاعتبارات التصميمية الاختصاصية (EMC,EMR,ESD) في تصميم لوحات الأنظمة المضمنة (Embedded Systems) بالإضافة إلى مرونة التعامل مع محيطياتها.

5- بناء التجارب الأساسية ليتم برمجتها على النظام أو محاكاتها باستخدام برنامج Proteus.

الاعتبارات التصميمية:

تم تصميم هذا النظام وفقاً للاعتبارات التالية:

1- متوافقة مع جميع البيئات البرمجية (compilers) المستخدمة في برمجة المتحكمات المصغرة من العائلة AVR والمذكورة آنفاً.

2- يمكن برمجة المعالج دون الحاجة إلى فصله عن النظام وهو ما يسمى بـ: (In System Programming).

3- تم وضع المحيطيات لتغطي التجارب العملية لمعظم الاختصاصات الهندسية.

4- تحوي على أكثر من 60 تجربة أساسية مستقلة ويمكن أن تصل إلى أكثر من 100 تجربة بالدمج.

5- تم بناؤها استناداً إلى خبرة عملية كبيرة تزيد عن ستة سنوات في مجال تصميم الأنظمة المضمنة (Embedded Systems Design) واستناداً إلى خبرة في مجال التدريس لمدة تزيد عن ثلاث سنوات وهذا بدوره كان عاملاً أساسياً لاختيار التجارب التي تفيد المبرمج.

6- يستطيع الطلاب التعامل مع اللوحة بشكل مباشر دون الحاجة إلى موجه لتشغيلها (self learners)، كل ما يحتاج هو اتباع الخطوات المشروحة في الدليل.

7- إن عامل الكلفة هو ما يميز لوحة التطوير هذه حيث أن الطلاب يستطيعون بناء لوحاتهم الخاصة بما لا يزيد عن USD120، بينما إذا أردنا الحصول على نفس المحيطيات والوظائف الموجودة في هذه اللوحة فإننا ربما نحتاج إلى أكثر من لوحتي تطوير بالإضافة إلى العديد من الموديلات الإضافية وبالتالي فإن الكلفة ربما تصل إلى USD700.

-8 بالإضافة لكون البرامج (التجارب) يمكن كتابتها وإرسالها إلى النظام بشكل مباشر، فإنه تم بناء المخططات الأساسية للدارة في بيئة برنامج المحاكاة Lab-Center Proteus-7.2 الذي يعد البرنامج الأقوى في محاكاة دارات المعالجات والمتحكمات المصغرة وبالتالي يمكنك تشغيل البرامج التي يتم كتابتها في بيئة البرنامج Bascom-AVR دون الحاجة إلى لوحة التجارب وهذا غير موجود في لوحات التطوير الأخرى!

-9 تم تزويد لوحة التطوير بنافذتي مراقبة (Debugger) حيث يمكن وصل اللوحة مع نافذة الاتصالات التسلسلية للحاسب (RS232 Interface) ومراقبة عمل النظام وقراءة المتحولات.

-10 بالإضافة إلى التجارب الأساسية للوحة التطوير فإنه تم وضع نقاط توسعة لجميع بوابات المتحكم المصغر على أطراف البورد (48 I/O) ليسهل عملية توسعة البورد أو ربط تجارب (موديولات) خارجية يتم بناؤها مستقبلاً.

-11 إن هذه البورد متوافقة مع جميع متحكمات العائلة AVR بالإضافة إلى جميع المتحكمات التي تعتمد على البروتوكول SPI في برمجتها حيث تم مراعاة وضع المعالج على موديول منفصل من أجل تغييره.

-12 تم اختبار لوحة التجارب هذه عملياً في متناول أيدي طلاب المرحلة الجامعية وقد أثبتت قدرتها على التجاوب المباشر ومرونة العمل عليها.

-13 تم إجراء استقصاء رأي حول هذه اللوحة وكانت النتائج:

a. مستوى إلمام الطلاب في برمجة المتحكمات المصغرة من قبل هذا كان: 5%
b. مستوى إلمام الطلاب ببرمجة المتحكمات المصغرة بعد انتهاء التجارب كان: 85%
c. ساهمت هذه المحاضرات العملية التطبيقية على هذه البورد في إغناء المعرفة ببرمجة المتحكمات المصغرة بنسبة: 90%.
d. كان تقييم الطلاب لدرجة استفادتهم من المحاضرات والتجارب بنسبة: 96%.
e. كان تقييم الطلاب لسهولة التعامل مع لوحة الاختبار والتجارب بنسبة: 98%.
f. كان نسبة الطلاب الذين رغبوا في الحصول على لوحة التجارب الخاصة بهم من خلال الاستفادة من ملفات التصميم أكثر من 45% وهذا يعني 70 طالباً من أصل 150!

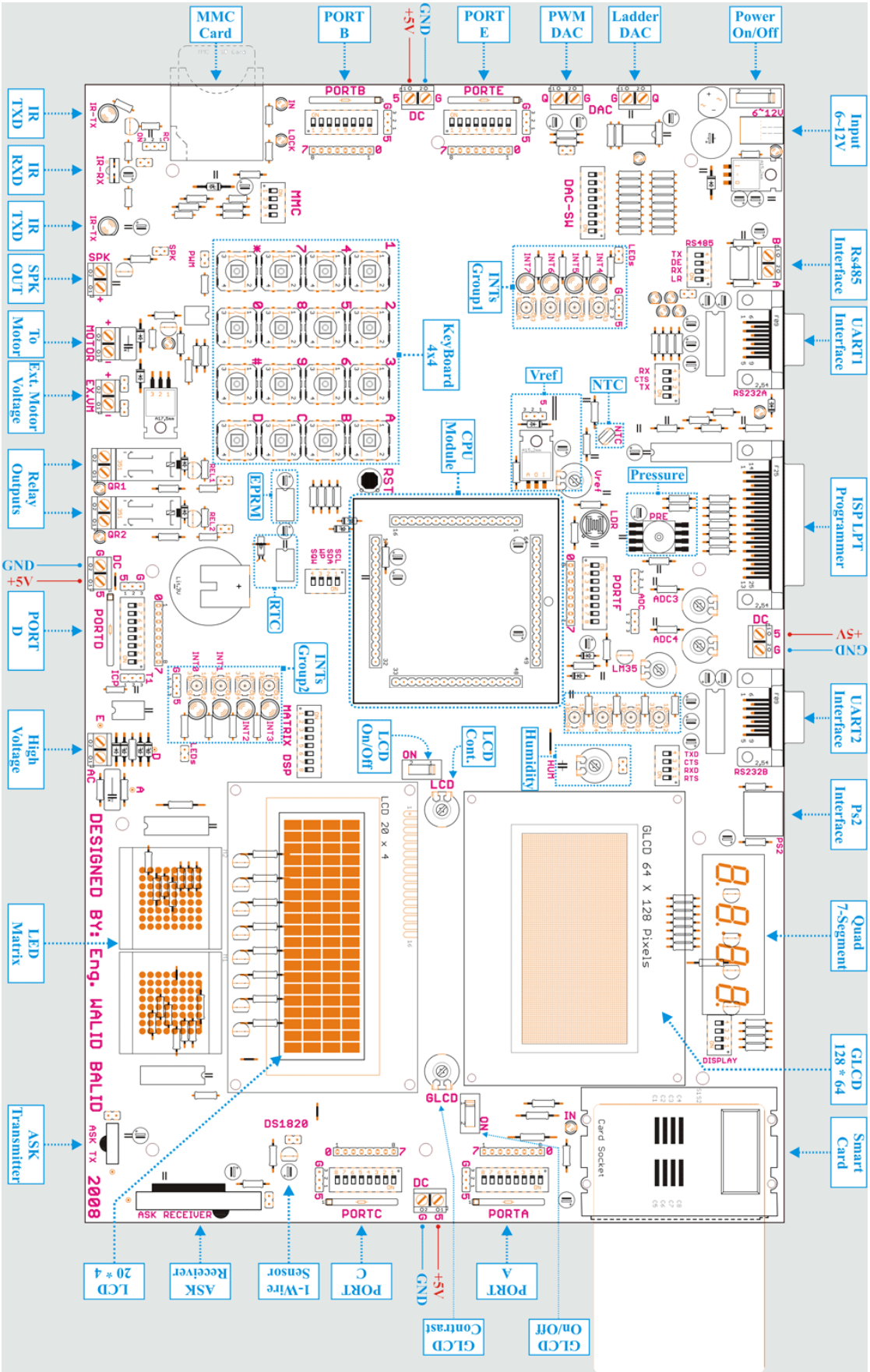
-14 الآن هناك خطة لتسويق لوحة التطوير هذه على مستوى الشرق الأوسط وأوربا لأغراض تدريسية.

-15 أخيراً، ما يميز هذه البورد هو تصميم النظام بأقل عدد ممكن من الطبقات في الدارة المطبوعة (ليسهل على الطلاب تنفيذ لوحات لمخابرهم الإلكترونية المنزلية) ووضع ملفات التصميم والمقرر التدريسي (التجارب العملية) في متناول أيدي الطلاب (Open Source) لإتاحة الفرصة لهم في بناء لوحة التطوير ووضعها في مخبر منزلي مصغر بحيث يستطيع أن يطور نفسه بشكل مستمر.

-16 إمكانية التخاطب مع البورد من خلال البيئات البرمجية LabVIEW, VB6, Matlab, etc...

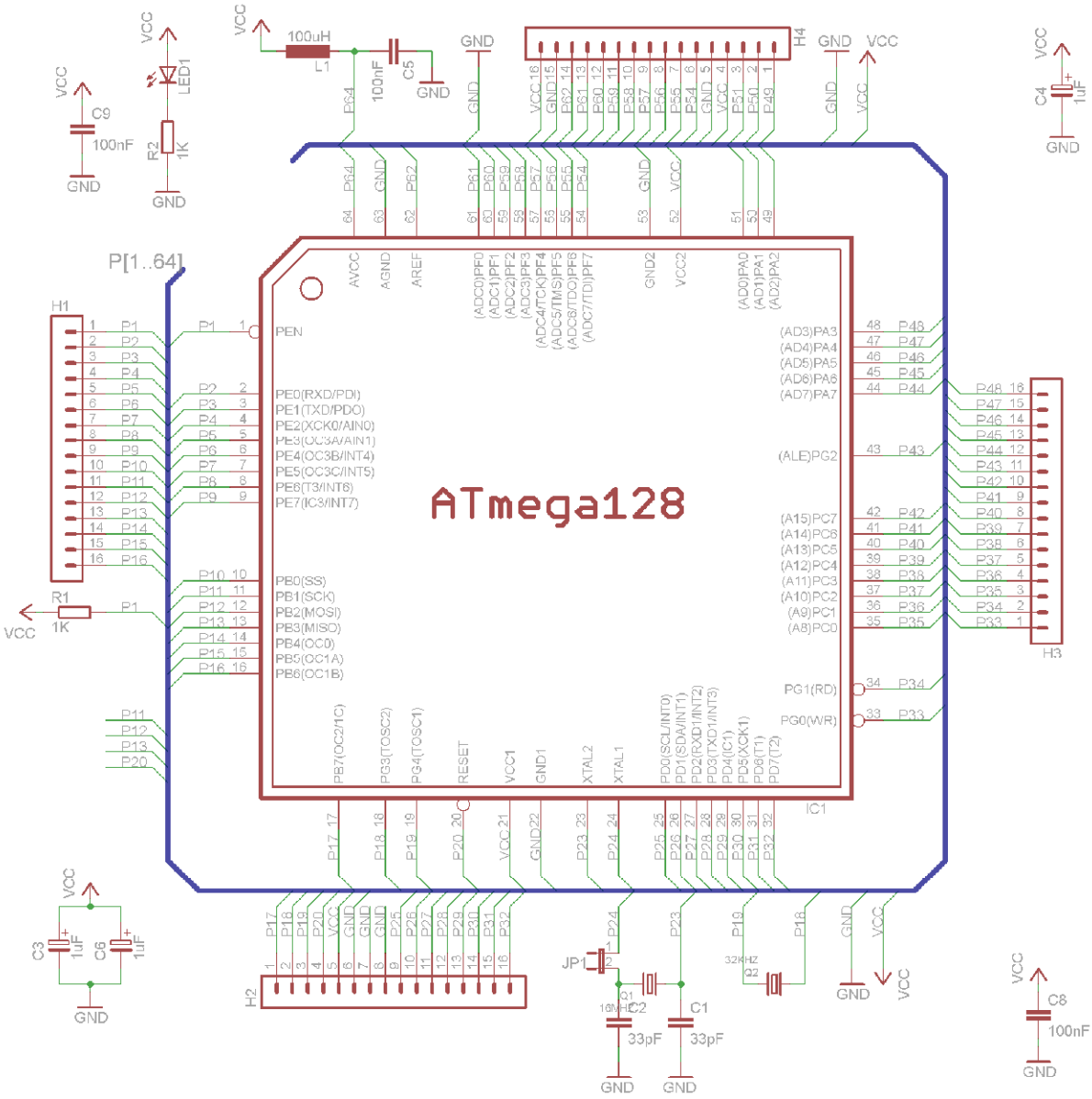
مخطط لوحة التطوير:
Development Board Layout Diagram

الشكل التالي يبين توزع المحيطيات والوظائف الأساسية للجكات على بورد لوحة التطوير...

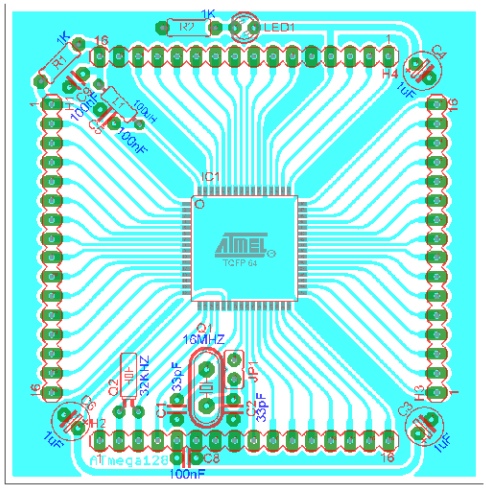


Development Board Schematic & Board Design المخطط التصميمي للوحة التطوير:

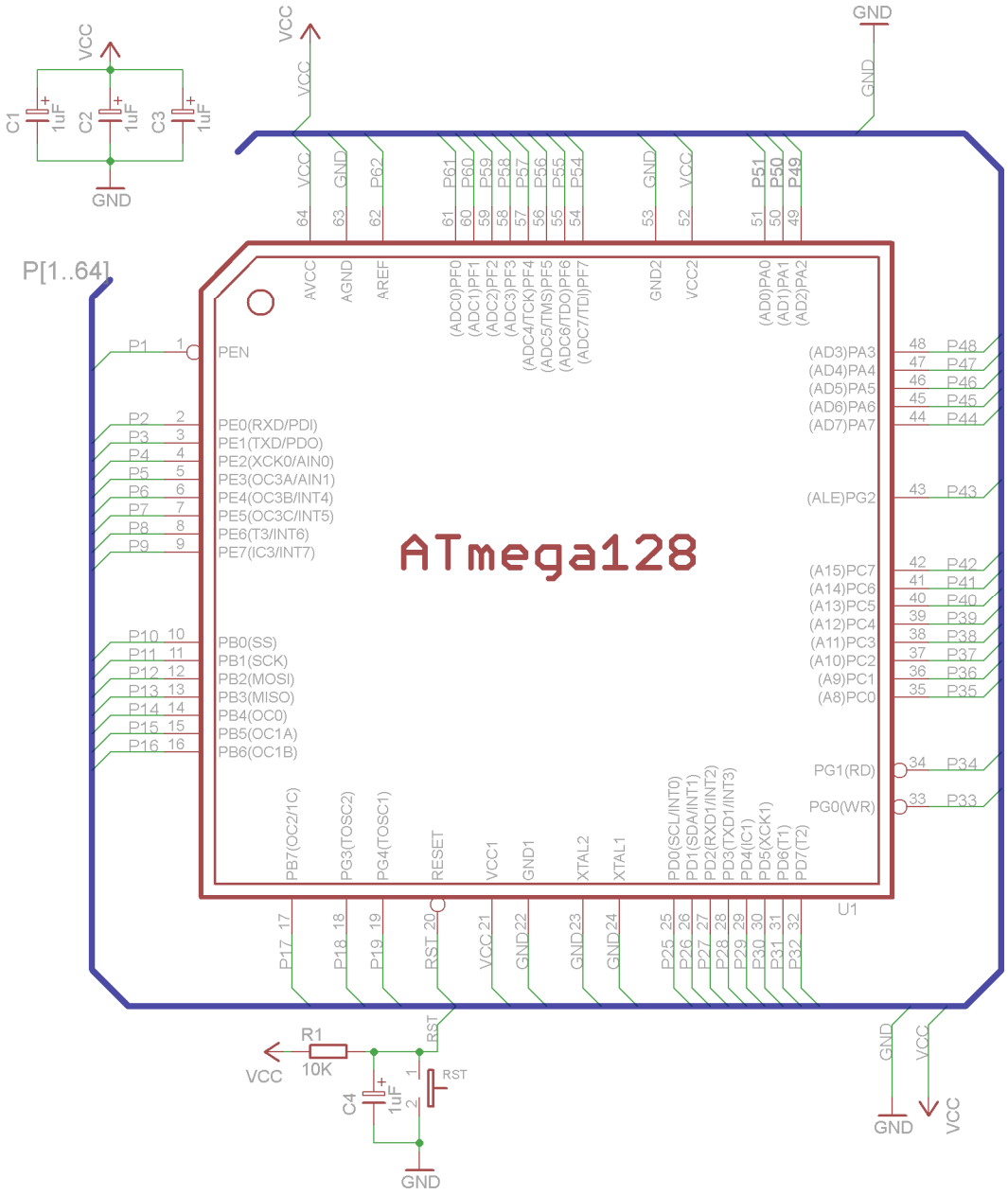
الشكل التالي يبين المخطط التصميمي لموديول المعالج الخاص بلوحة التطوير...



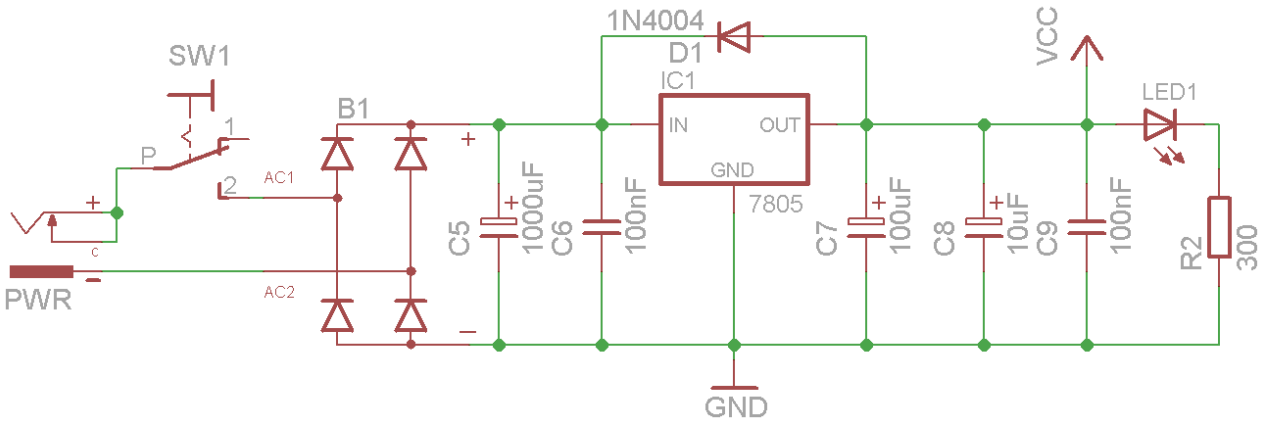
الشكل التالي يبين مخطط الدارة المطبوعة لموديول المعالج الخاص بلوحة التطوير...



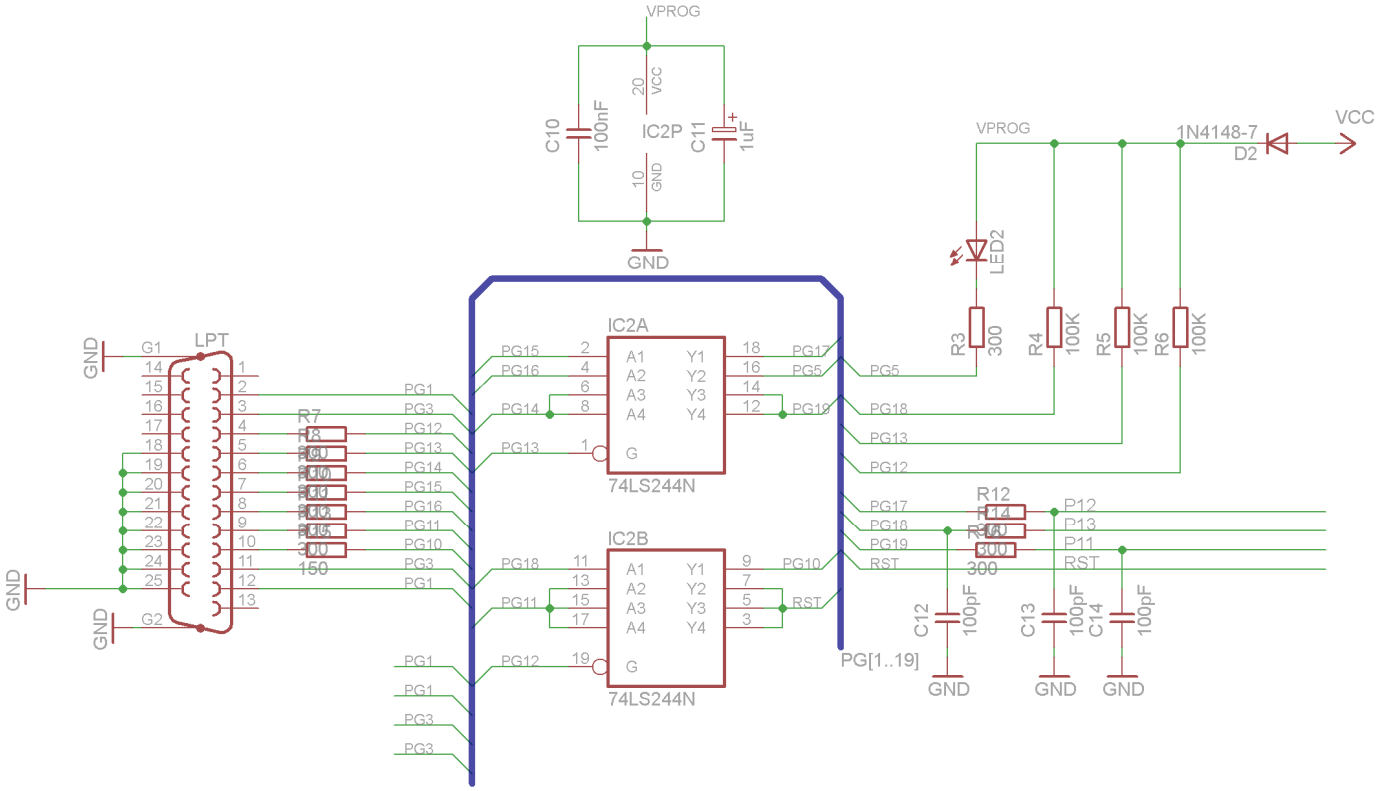
المخطط التصميمي لقاعدة موديول المعالج في لوحة التطوير...



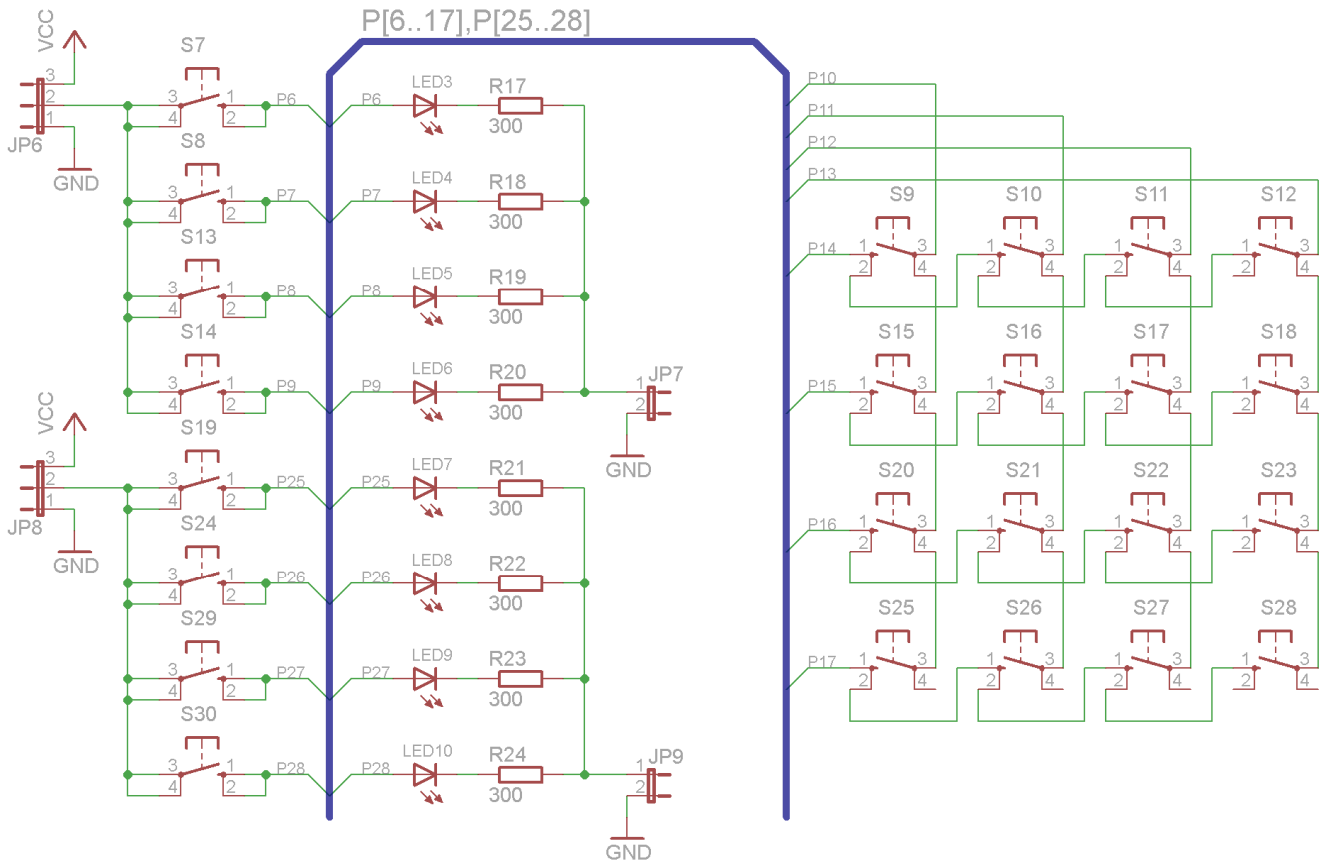
المخطط التصميمي لوحدة التغذية الرئيسية في لوحة التطوير...



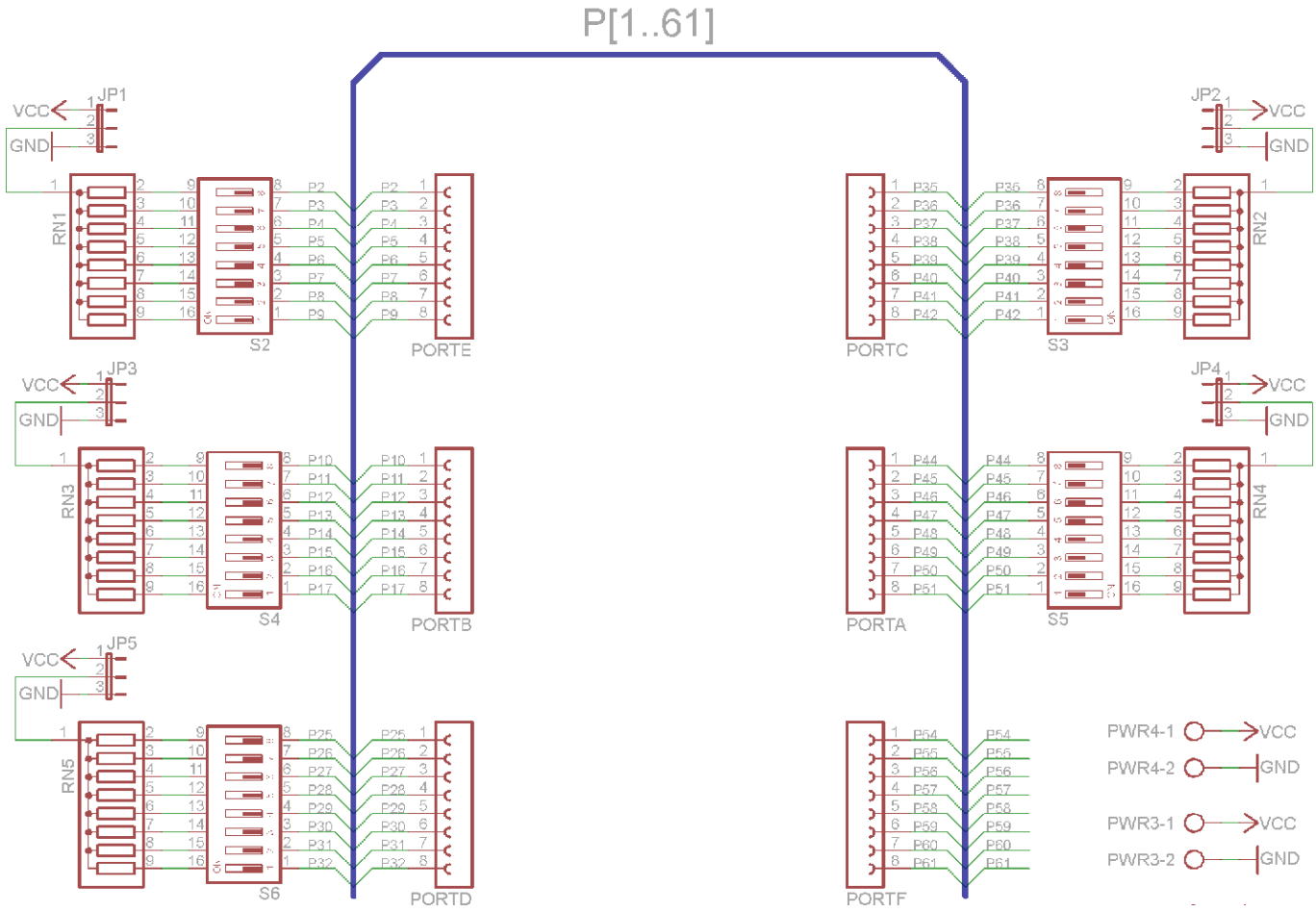
المخطط التصميمي لدارة المبرمجة في لوحة التطوير...



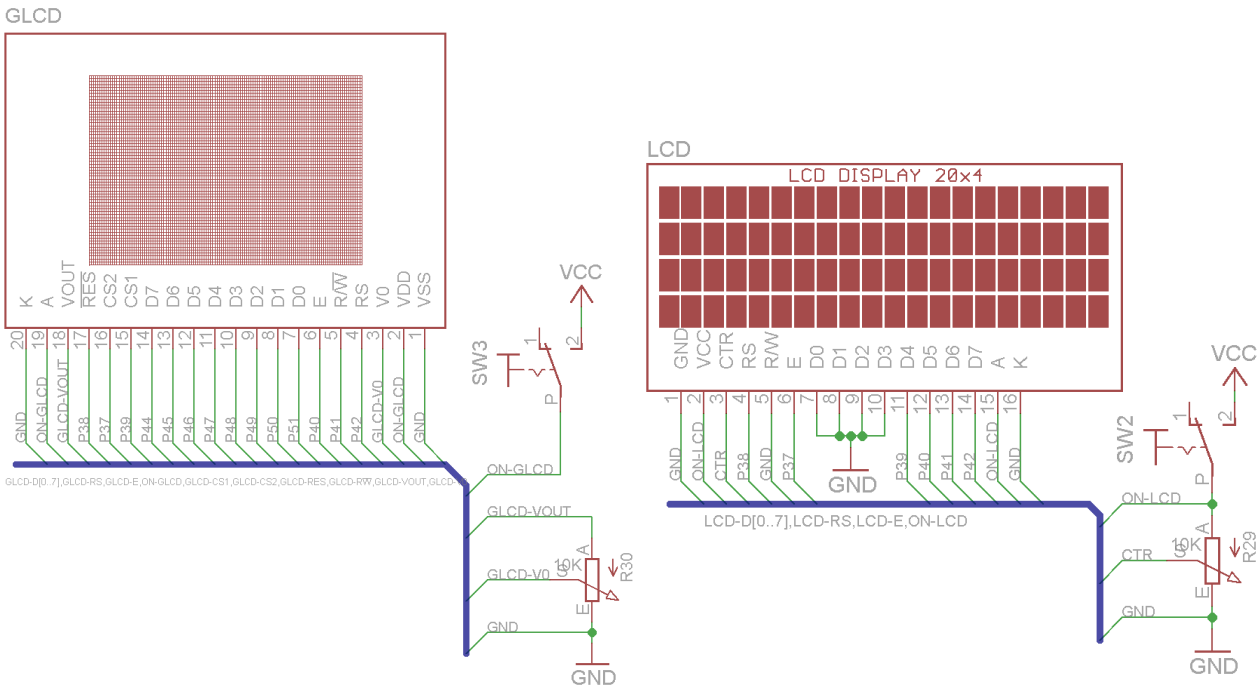
المخطط التصميمي للمفاتيح اللحظية والثنائيات الضوئية في لوحة التطوير...



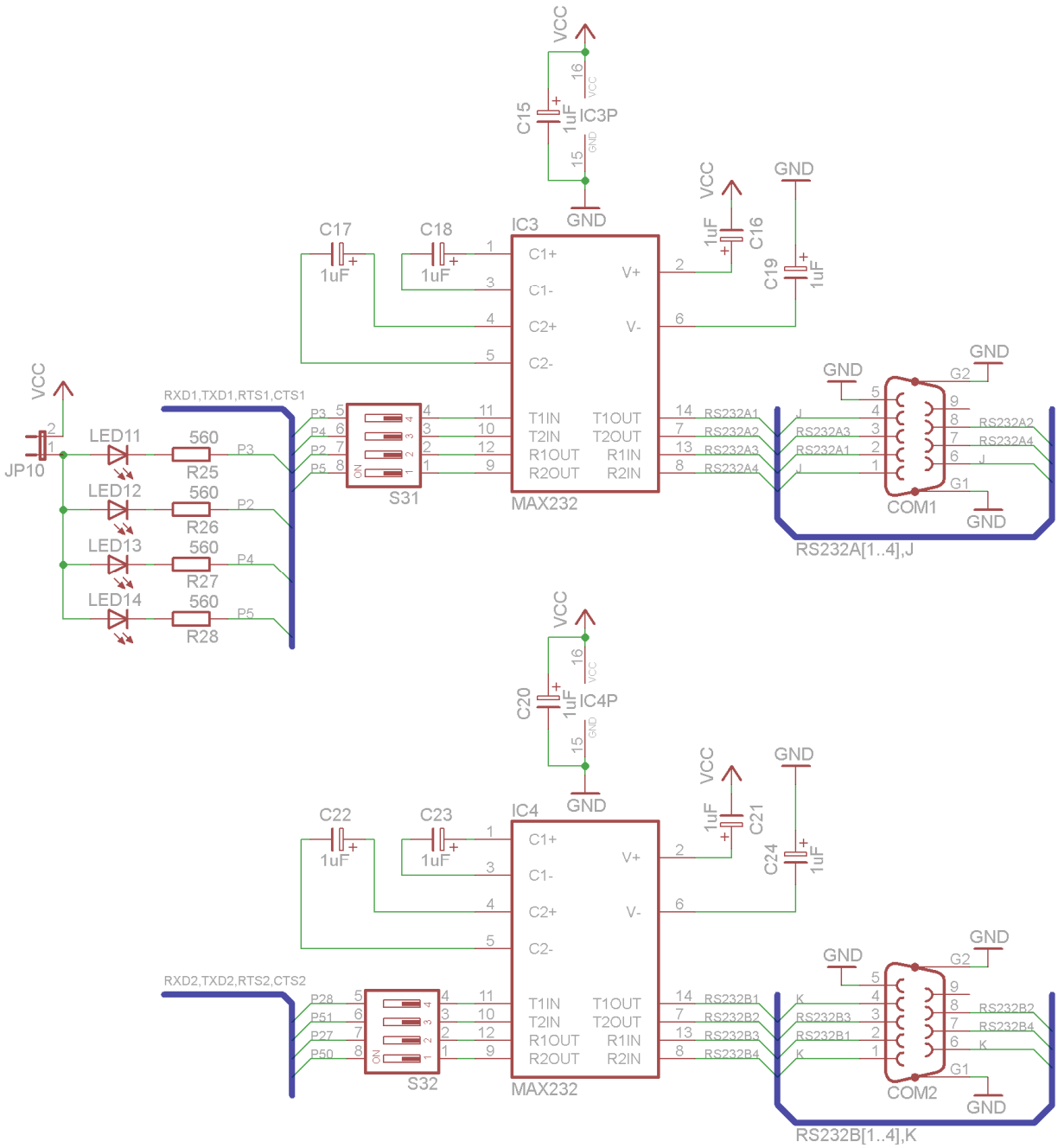
المخطط التصميمي للتوسعات الرئيسية في لوحة التطوير...



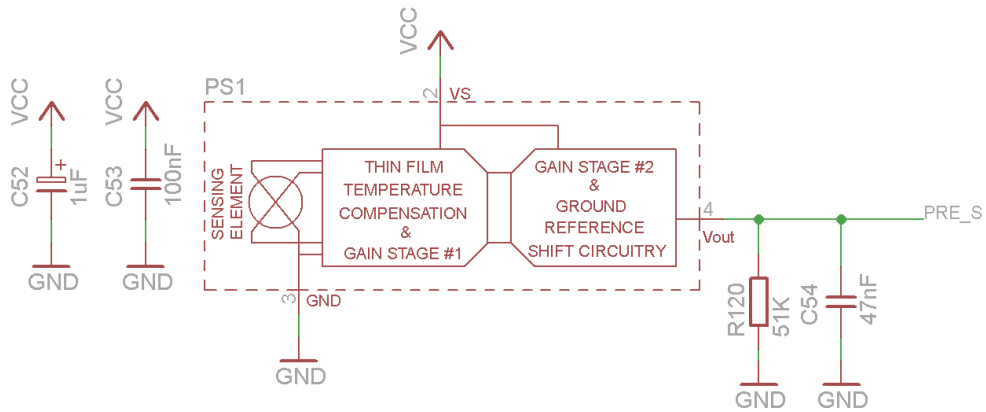
المخطط التصميمي لشاشتي الإظهار الرسومية والمحرفية في لوحة التطوير...



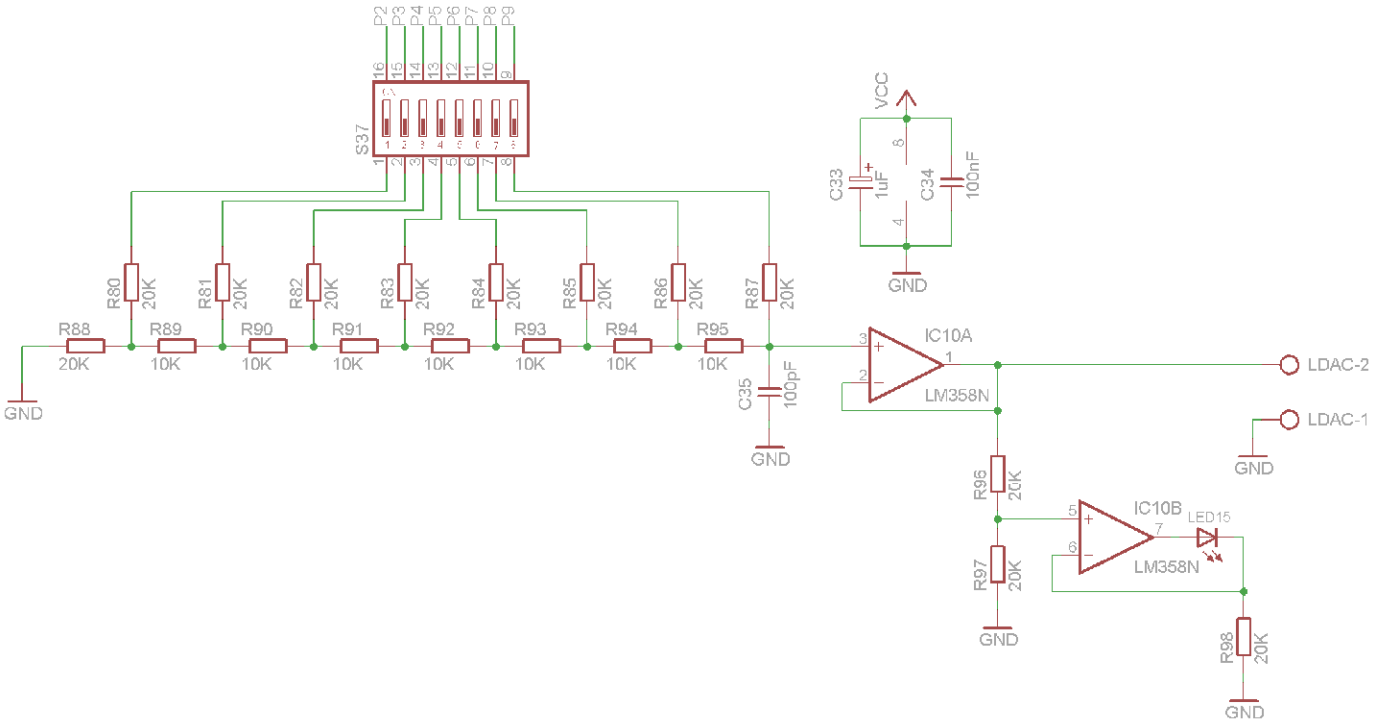
المخطط التصميمي لنافذتي الاتصال التسلسلي USART في لوحة التطوير...



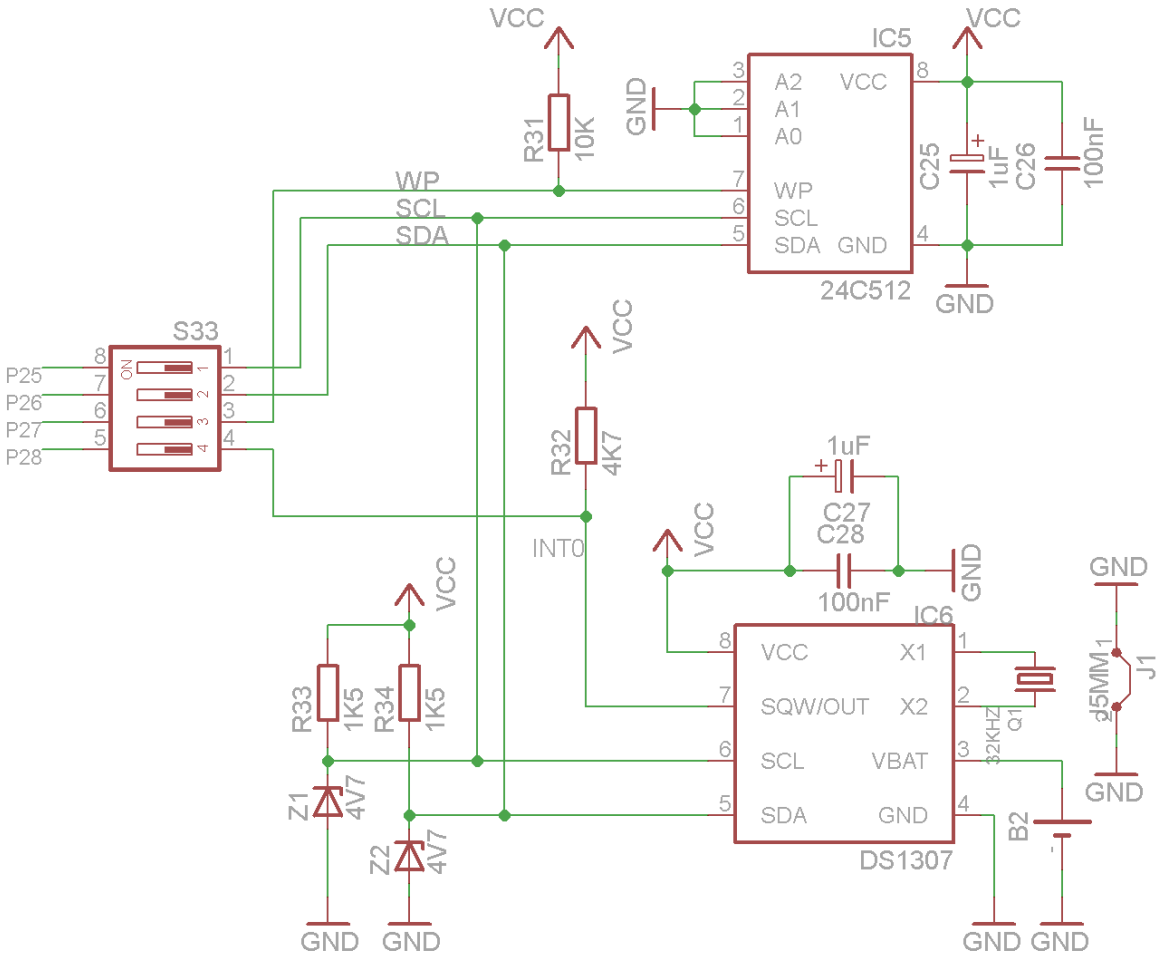
المخطط التصميمي لحساس قياس الضغط الجوي في لوحة التطوير...



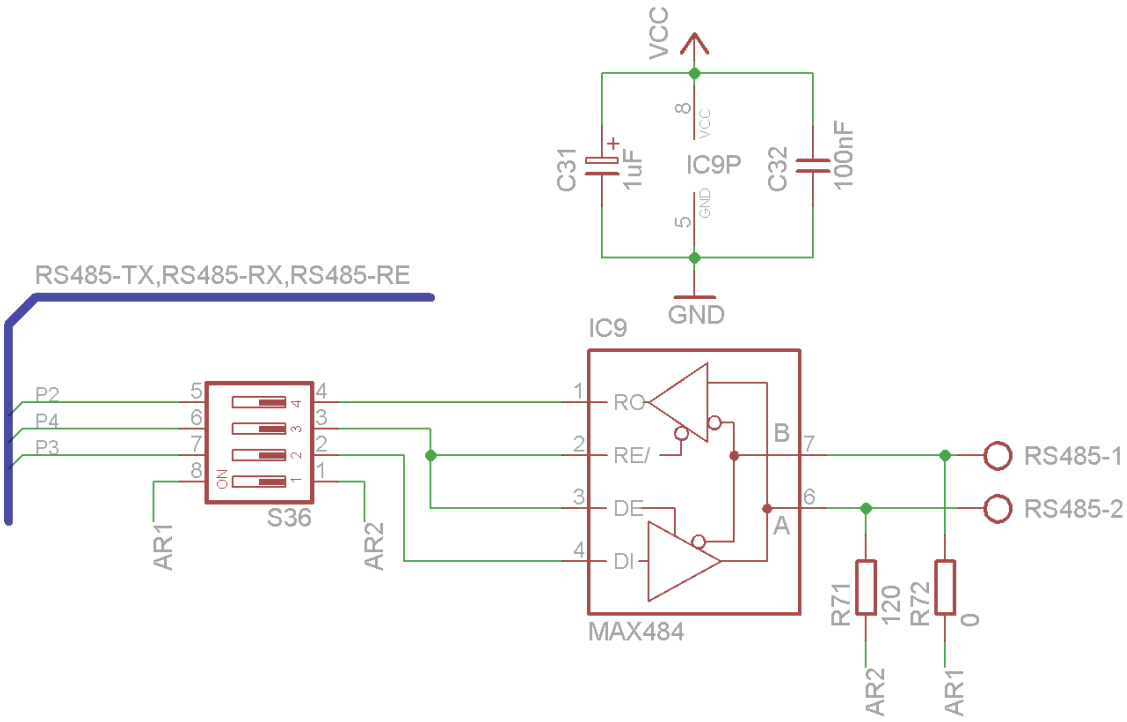
المخطط التصميمي لشبكة لادر في لوحة التطوير...



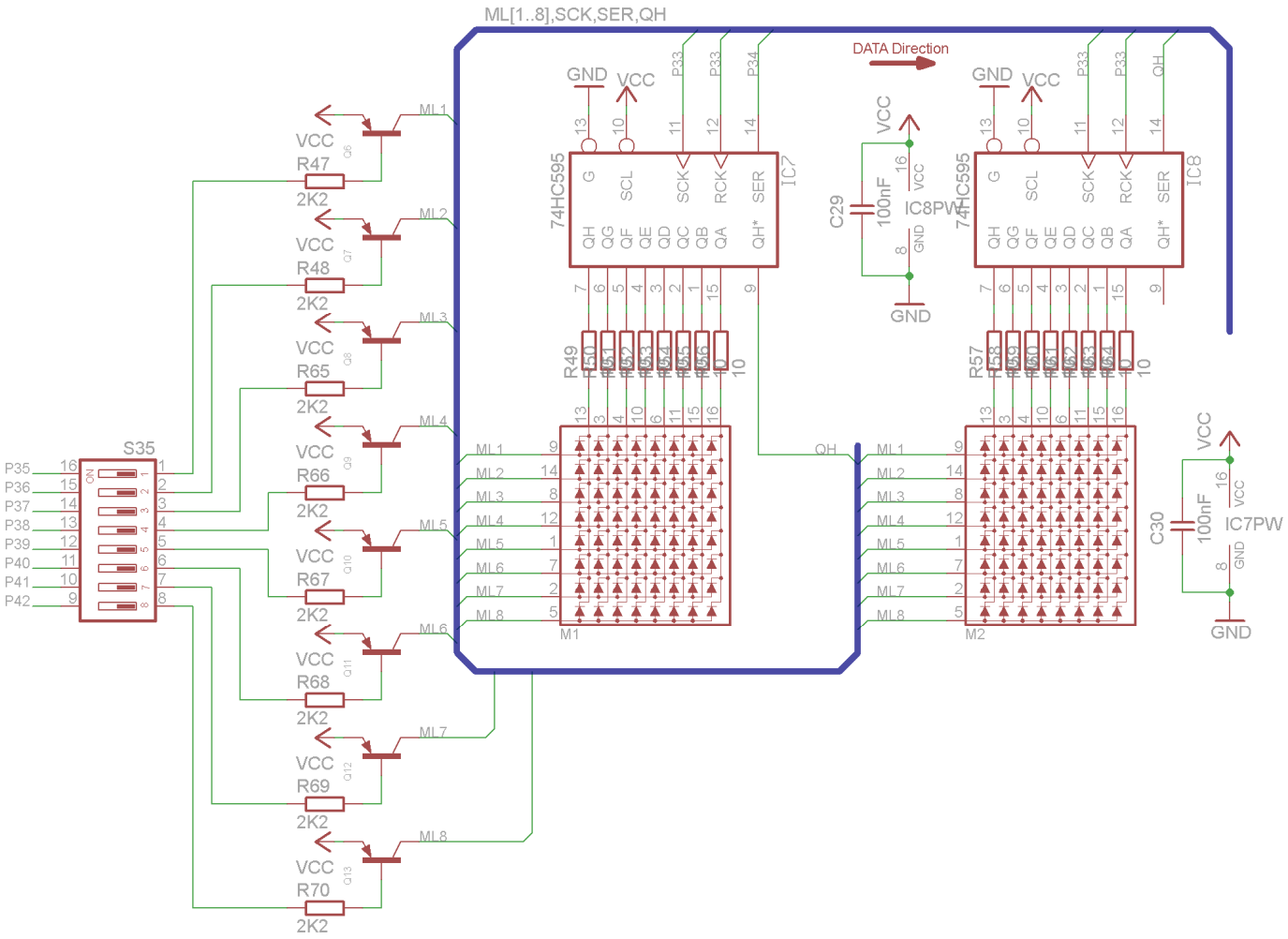
المخطط التصميمي لنافذة الربط I2C والتي تحوي EEPROM & RTC في لوحة التطوير...



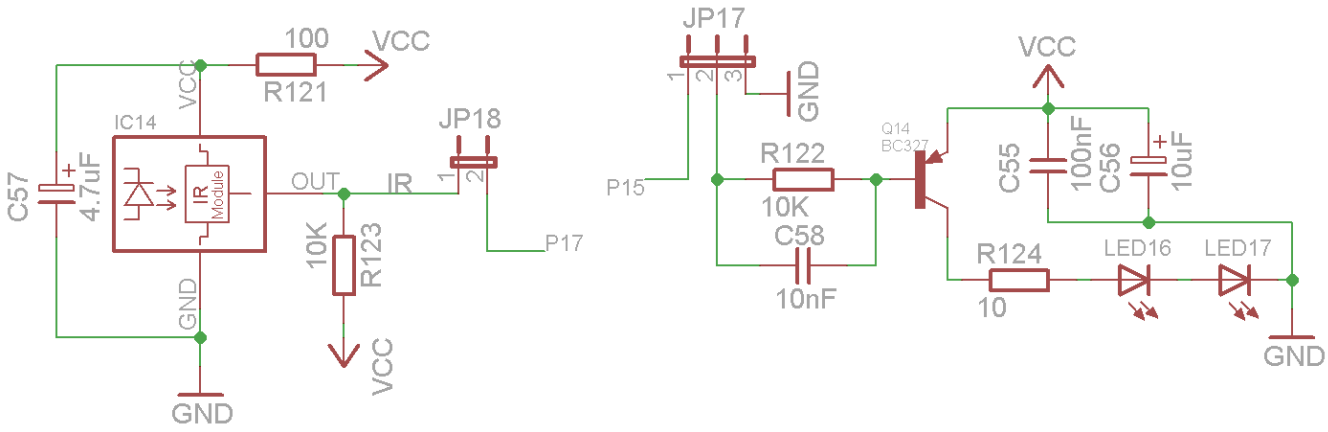
المخطط التصميمي لدارة الإرسال التسلسلي RS485 في لوحة التطوير...



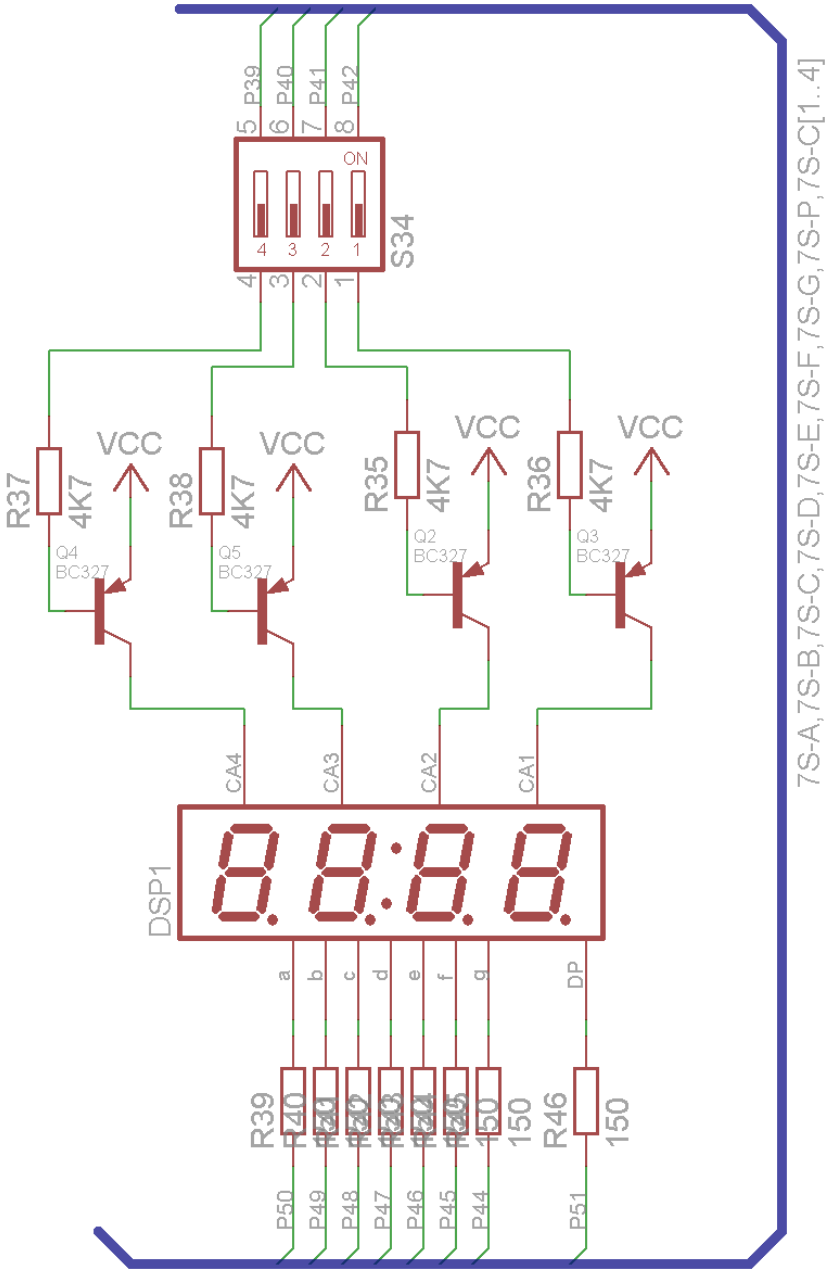
المخطط التصميمي لماتريكسات الجريدة الإلكترونية في لوحة التطوير...



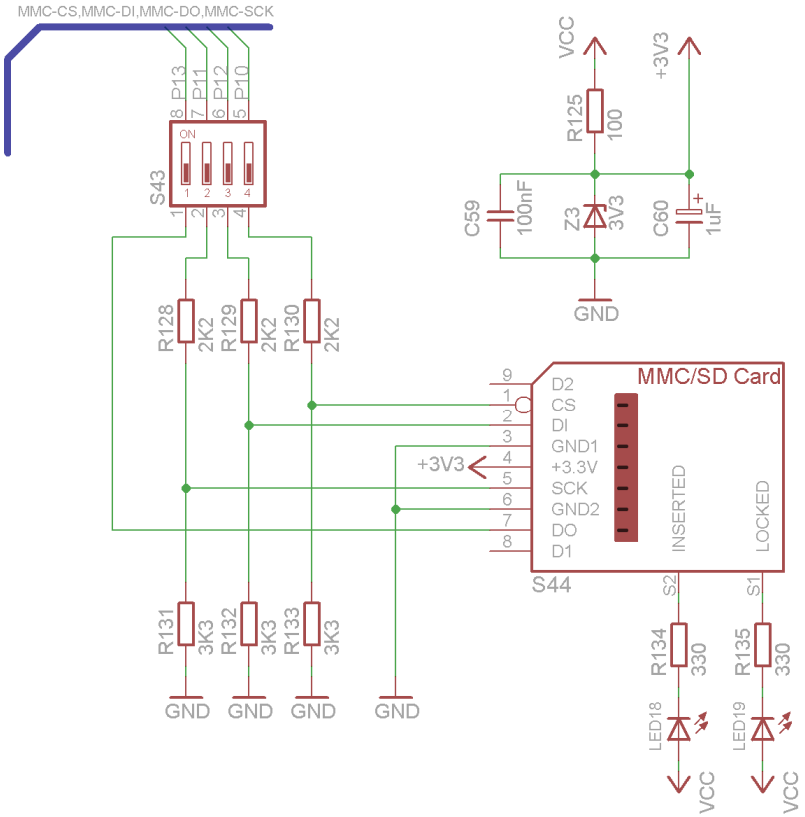
المخطط التصميمي لوحدتي الإرسال والاستقبال بالأشعة تحت الحمراء في لوحة التطوير...



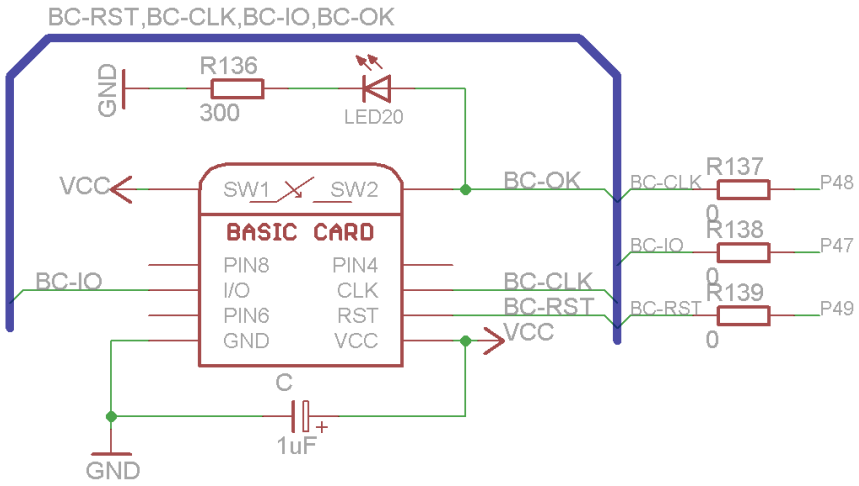
المخطط التصميمي للوحات الإظهار السباعية في لوحة التطوير...



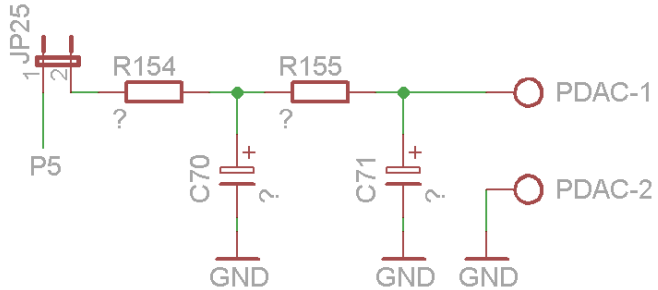
المخطط التصميمي لوحدة الربط مع شريحة ذاكرة MMC/SD في لوحة التطوير...



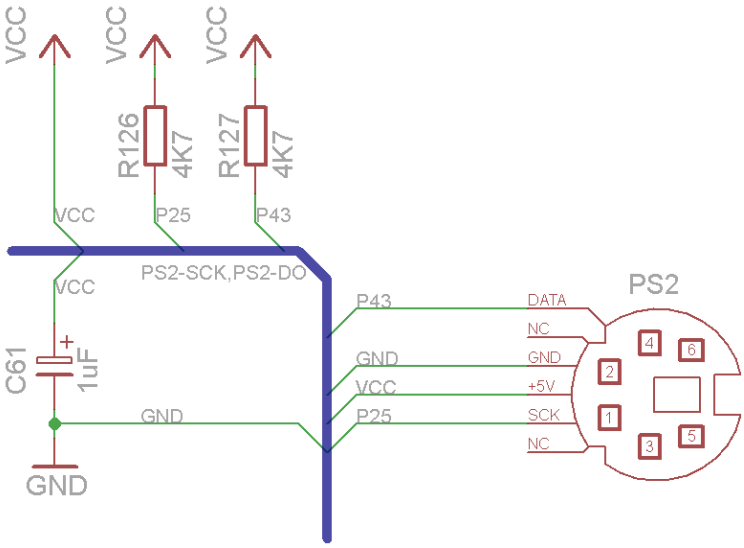
المخطط التصميمي لدارة مدخل البطاقات الذكية في لوحة التطوير...



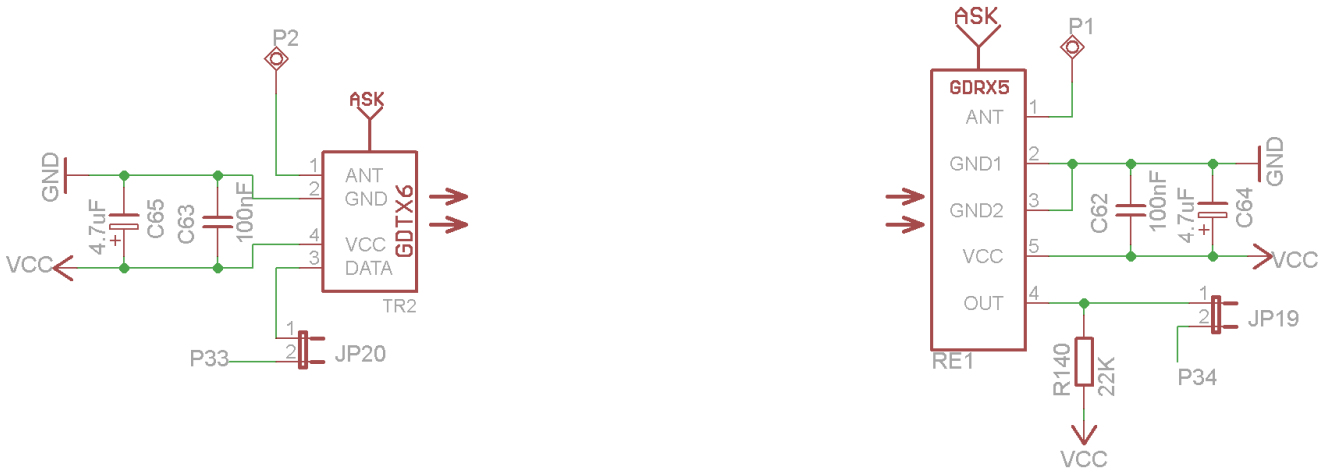
المخطط التصميمي لدارة التحويل الرقمي التشابهي باستخدام PWM في لوحة التطوير...



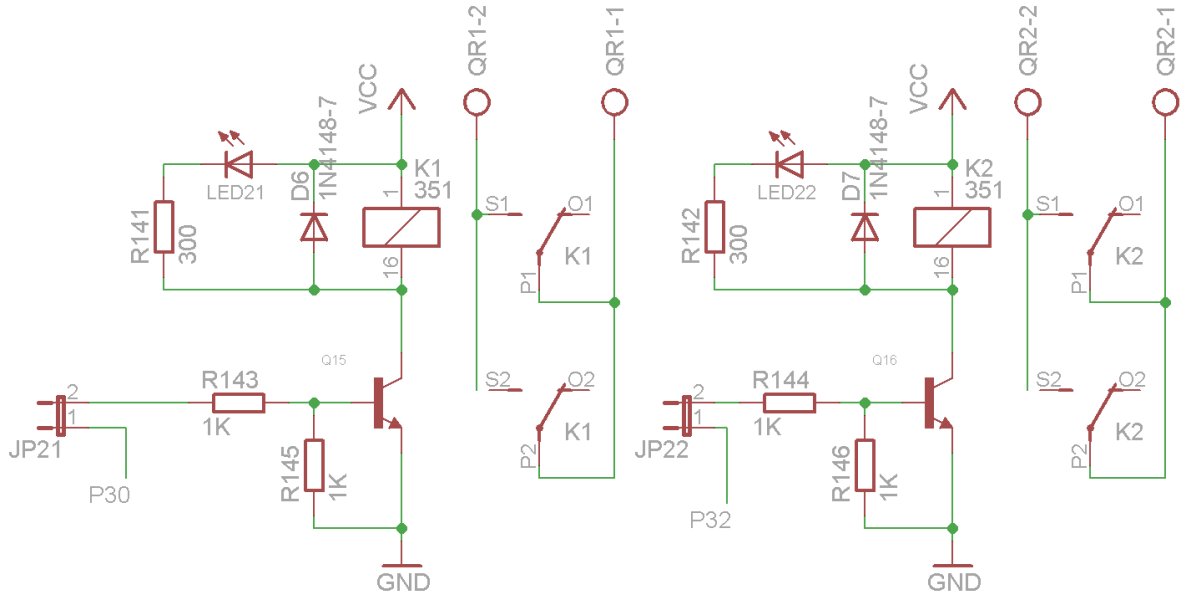
المخطط التصميمي لنافذة الاتصال PS2 في لوحة التطوير...



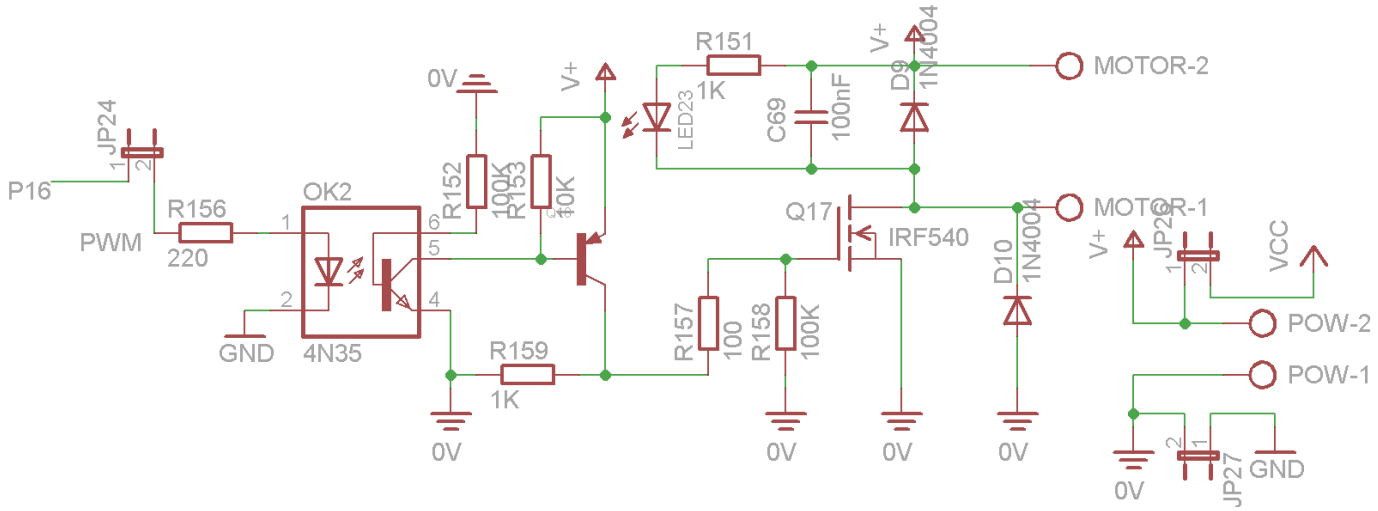
المخطط التصميمي لدارتي الإرسال والاستقبال الراديوي في لوحة التطوير...



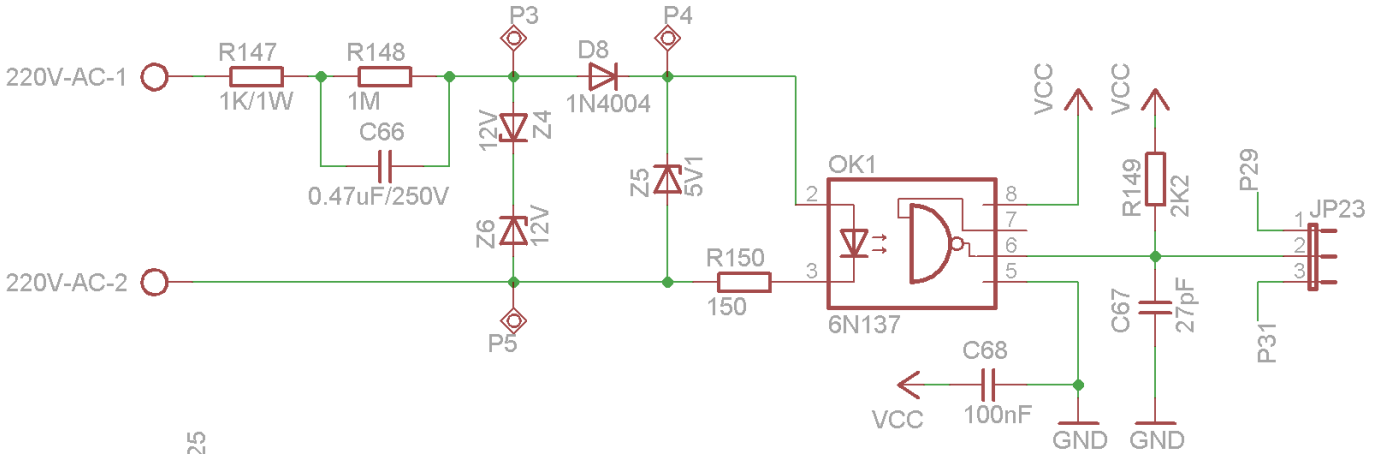
المخطط التصميمي لدارتي الخرج من نوع ريليه في لوحة التطوير...



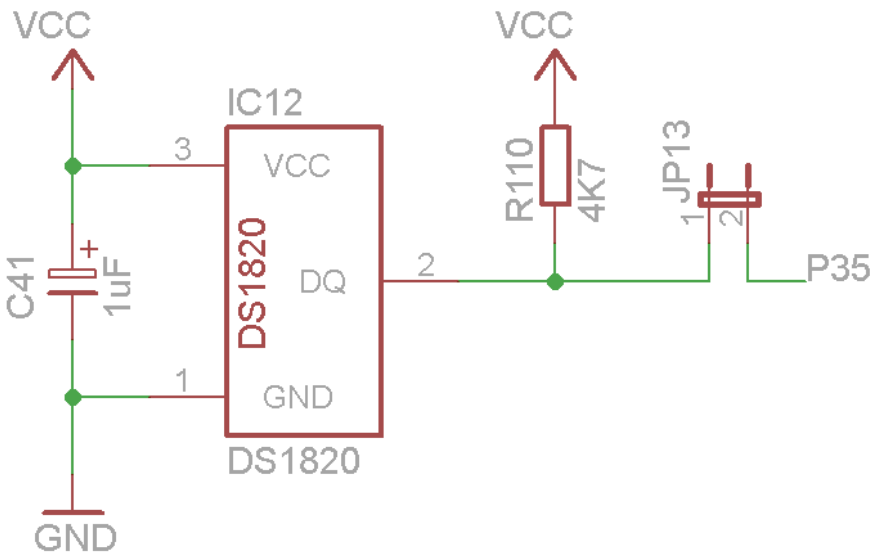
المخطط التصميمي للدارة الاستطاعية للتحكم بمحرك تيار مستمر في لوحة التطوير...



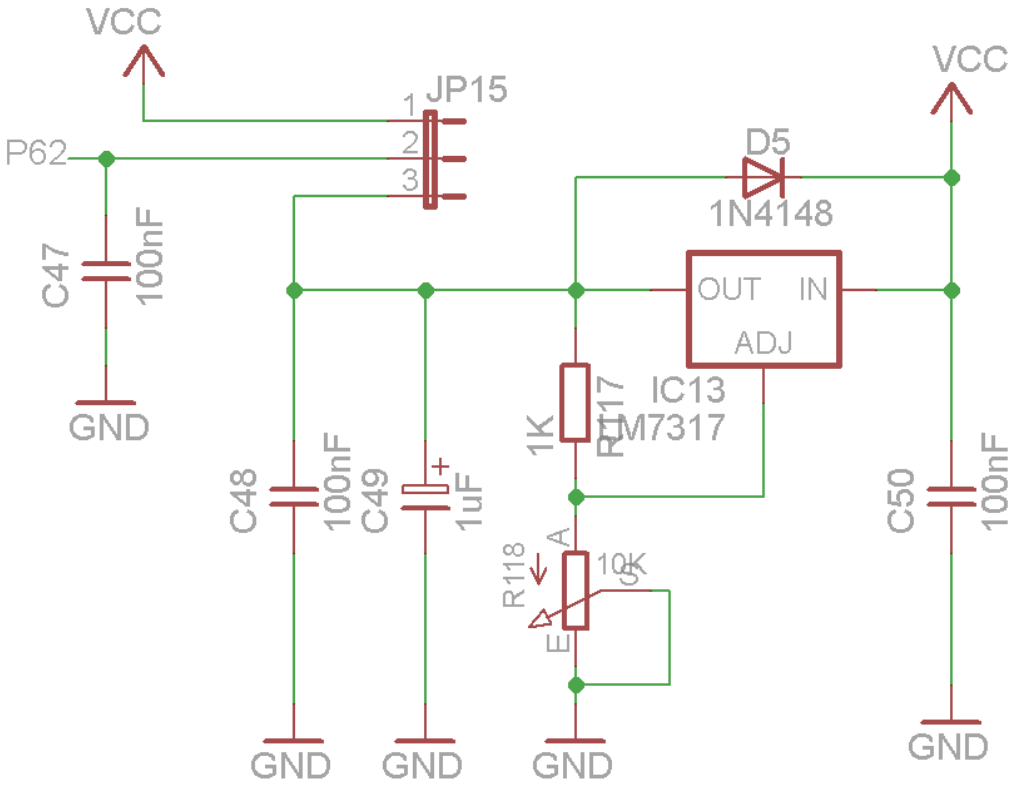
المخطط التصميمي لدارة مدخل الجهود العالية المستخدمة لقياس الإشارات في لوحة التطوير...



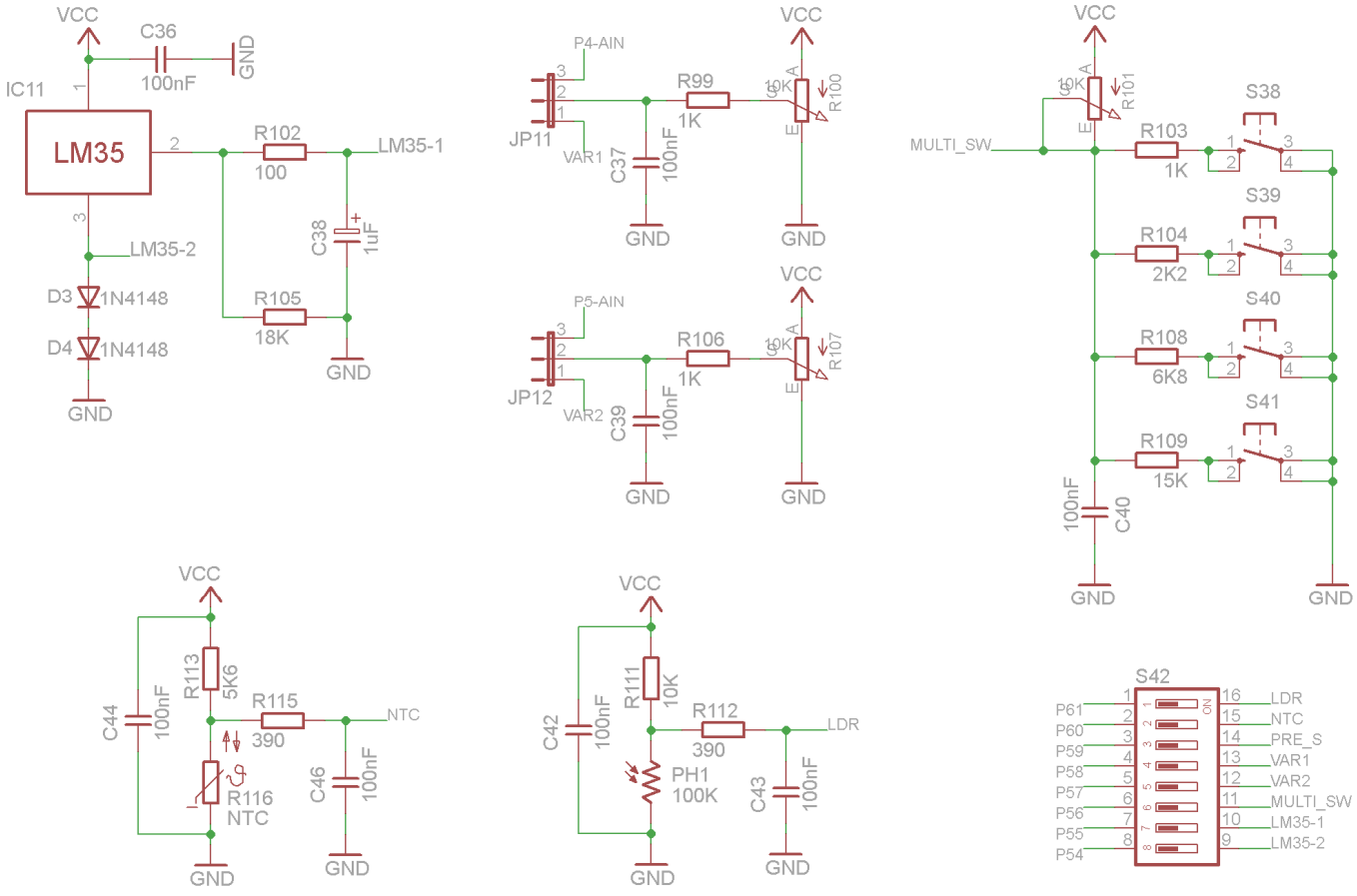
المخطط التصميمي لدارة مقياس الحرارة الرقمي باستخدام المعيار 1-Wire في لوحة التطوير...



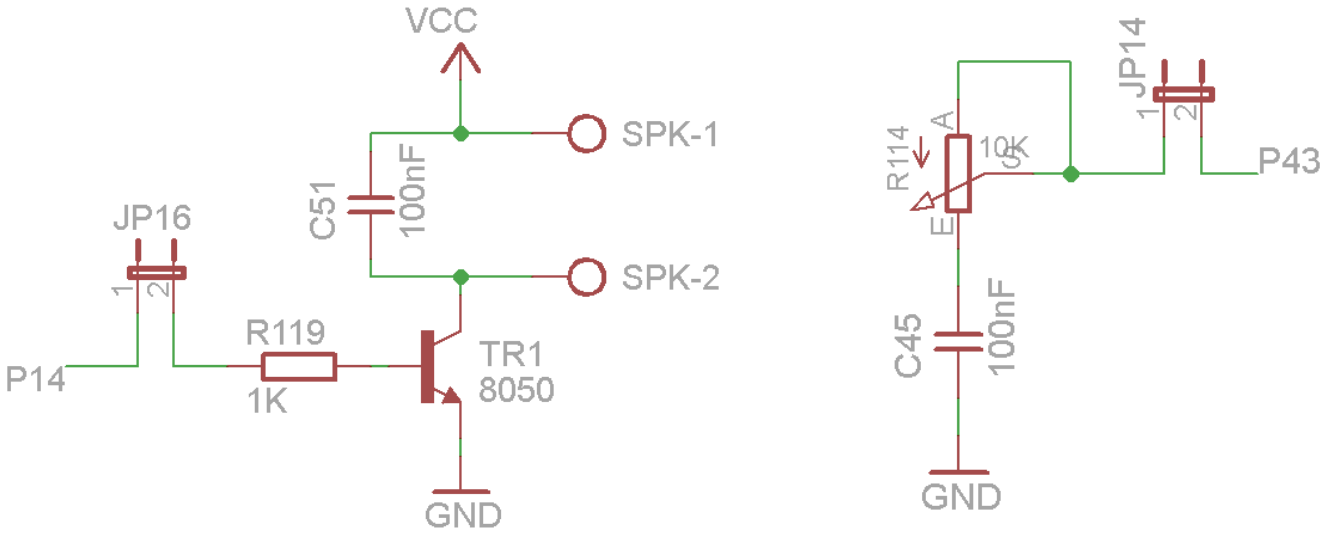
المخطط التصميمي لدارة الجهد المرجعي القبل للتعديل من أجل المبدلات التشابهية الرقمية في لوحة التطوير...



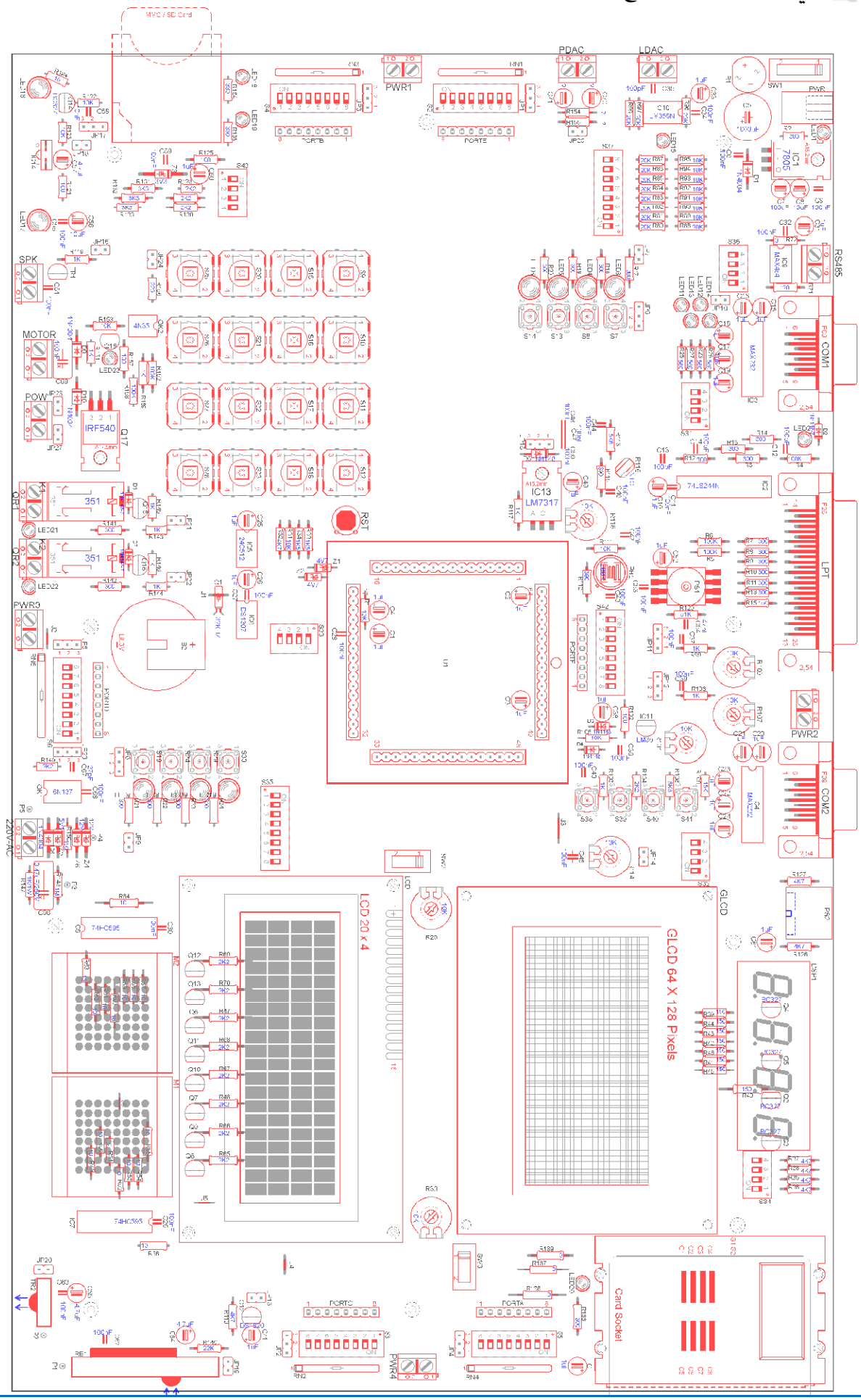
المخطط التصميمي لدارات الحساسات الموصلة مع أقطاب المبدلات التشابهية الرقمية في لوحة التطوير...



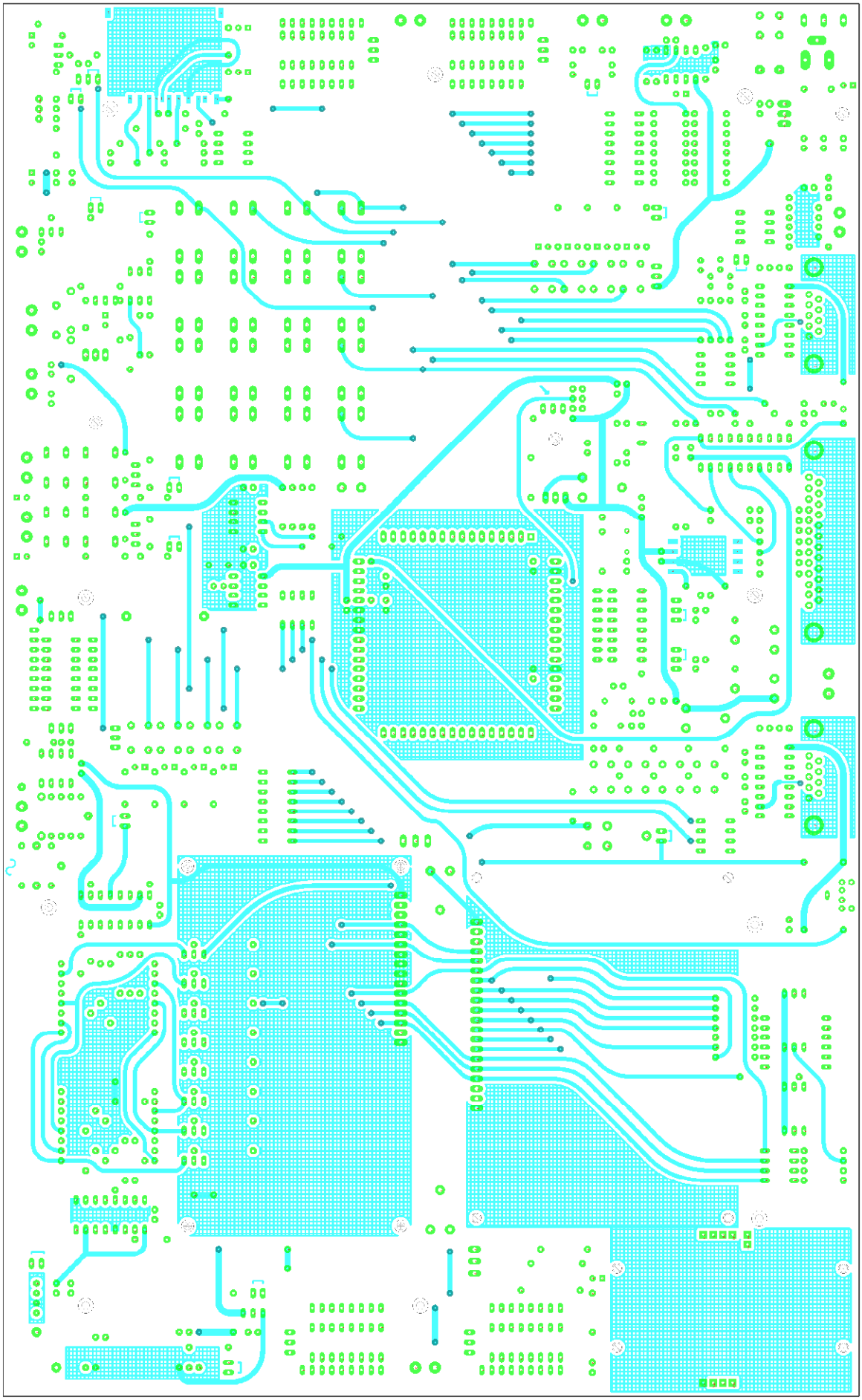
المخطط التصميمي لدارة قياس السعات والمقاومات ودارة مخرج المجهار الصوتي في لوحة التطوير...



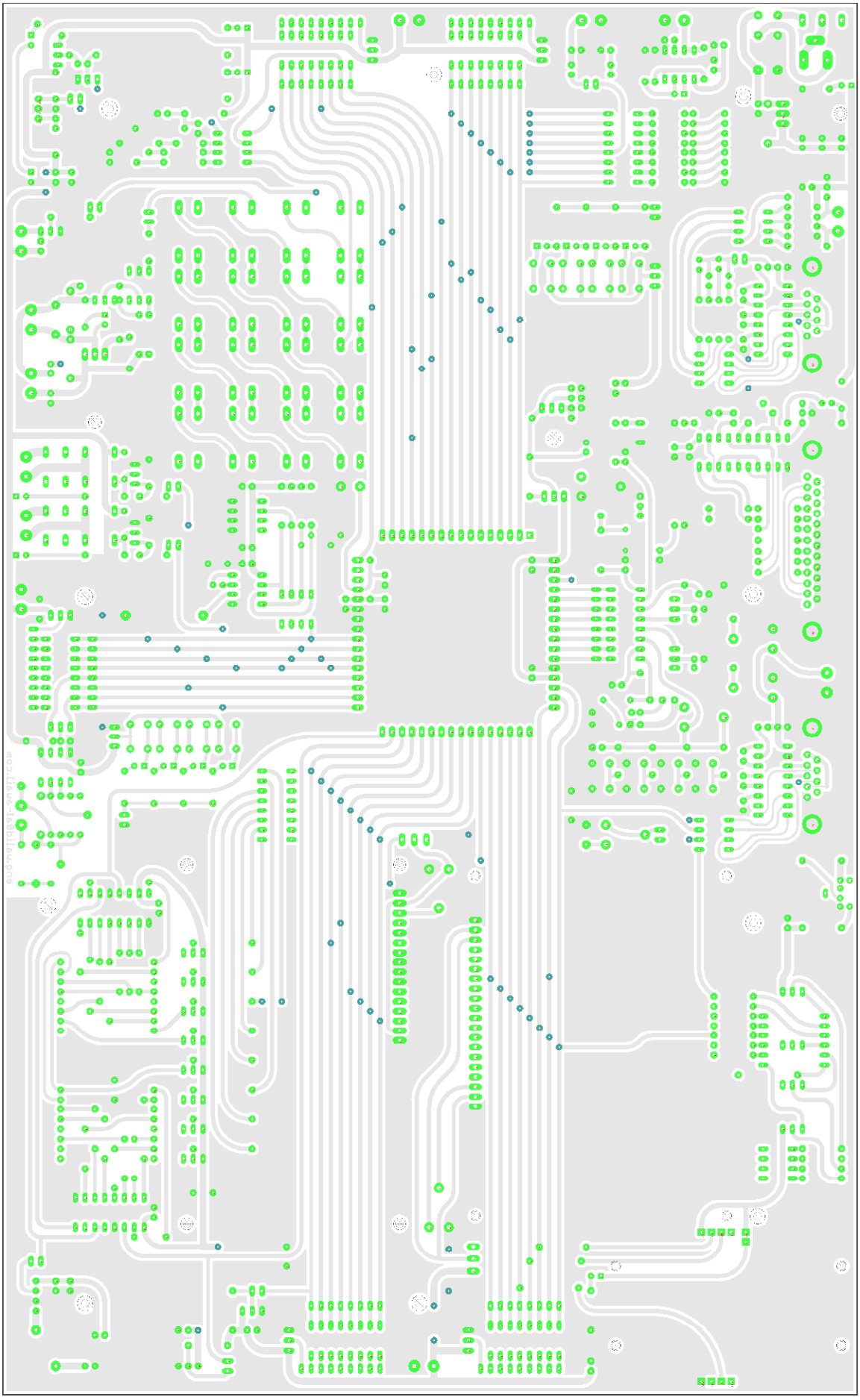
الشكل التالي يبين مخطط توضع العناصر على الدارة المطبوعة للوحة التطوير...



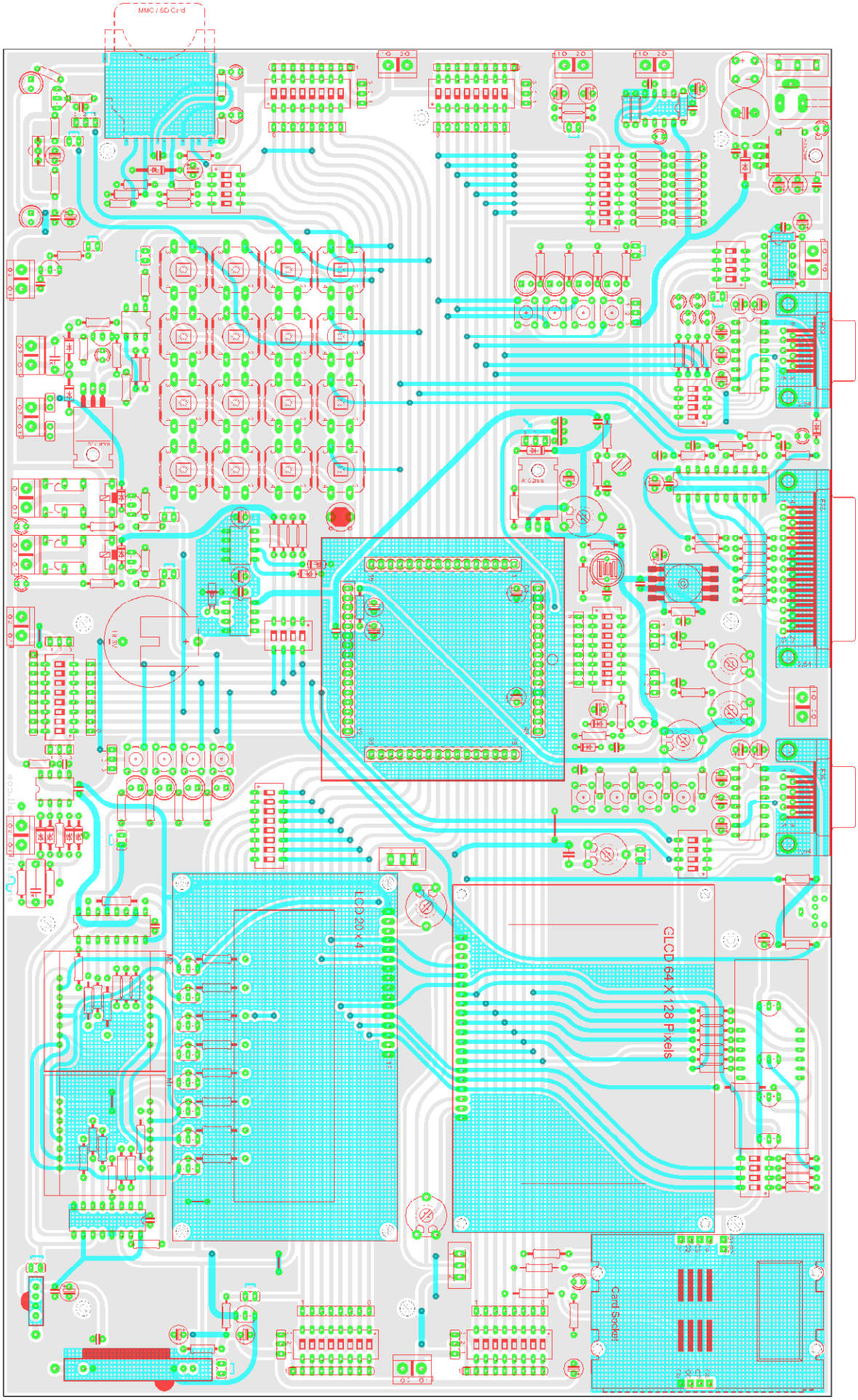
الشكل التالي يبين مخطط الطبقة السطحية للدارة المطبوعة للوحة التطوير...



الشكل التالي يبين مخطط الطبقة السفلية للدارة المطبوعة للوحة التطوير...



الشكل التالي يبين مخطط الطبقات الثلاث للدارة المطبوعة للوحة التطوير...



الجدول التالي يبين توزع الوظائف على أقطاب المعالج...

		Px.0	Px.1	Px.2	Px.3	Px.4	Px.5	Px.6	Px.7
Port E	INT4~7 UART1 AIN OC3A,B,C T3 ICP3	RS485 Interface			PWM>DAC	Four Buttons/Leds[1]			
		UART1 with Hand-checking and LEDs Indicators							
		8-bit DAC Interface							
		External Port Connector for further connecting and can be set to Pull Up/Down Resistor							
Port B	SPI OC1A,B OC0,2 OC1C		Programmer						
		MMC/SD Card SPI Interface				Speaker	IR Sender	PWM	IR Receiver
		Hexadecimal Keypad							
		External Port Connector for further connecting and can be set to Pull Up/Down Resistor							
Port D	INT0~3 UART2 TWI T1~2 ICP1	Four Buttons/Leds[2]				ICP1	Relay1	T1	Relay2
		PS2 SCK		UART2					
		RTC & EEPROM							
		External Port Connector for further connecting and can be set to Pull Up/Down Resistor							
Port C	Ex.MI-H	DS1820		GLCD Control Bus					
				LCD					
						Quad Seven Segment Control Lines			
		Dual Led-Matrix Display Data Bus							
		External Port Connector for further connecting and can be set to Pull Up/Down Resistor							
Port A	Ex.MI-L	GLCD Data Bus							
		UART2 Hand-checking		Basic Card					
		Quad Seven Segment Data Bus							
		External Port Connector for further connecting and can be set to Pull Up/Down Resistor							
Port F	ADC0~7 JTAG	LDR Resistor	NTC Resistor	Pressure sensor	Variable Resistor	Variable Resistor	4 Switches On a line	Temperature Sensor	
					JTAG Interface				
Port G	TOSC WR/RD	Dual Led-Matrix Display Control Lines		RC Circuit	23KHZ Crystal		x	x	x
		ASK TR	ASK RE	PS2 Data	x	x	x	x	x

[1] Buttons for Interrupt 4~7 can be set to VCC or GND by Jumper, connected with led indicators.
[2] Buttons for Interrupt 0~3 can be set to VCC or GND by Jumper, connected with led indicators.