



RAPPORT PRÉLIMINAIRE

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE, ÉLÉ 682

PRÉSENTÉ À FRANÇOIS KILLEEN

Félix-Antoine ROBERT et Benoit LEMIEUX
ROBF10089006
LEMB12019604

1. INTRODUCTION

L'objectif du projet du cours ÉLÉ682 est de concevoir et fabriquer un système embarqué connecté à divers périphériques à haute vitesse. Le système s'apparente aux plateformes de développement « Beaglebone », bien que le spectre d'application soit moins large. Ce rapport vise à faire état de l'avancement du projet, ainsi qu'à illustrer les choix de design des concepteurs.

Notre système est conçu autour du Système in Package (SiP) OSD3358-SM. Outre le USB to UART debug et le lecteur de carte SD obligatoires, nous avons ajouté les périphériques suivants : un port Ethernet, un port HDMI, un USB HUB ayant deux connecteurs. Le choix de ces périphériques a été fait afin de limiter les sources d'erreurs potentielles et d'optimiser notre temps. Nous avons ajouté des connecteurs externes pour certaines pins du OSD3358-SM afin de pouvoir brancher d'avantages de périphériques dans le futur.

Le rapport se divise en quatre parties principales : 1) l'alimentation des différents périphériques, 2) le schéma-bloc du système complet, 3) les schémas électriques des différents sous-systèmes et 4) les calculs d'impédances pour les traces et les bus de données à hautes vitesses.

2. ALIMENTATION

Les besoins en puissance de notre système ont été évalués et comparés aux capacités du OSD3358-SM que nous utilisons. Le SiP comporte quelques rails d'alimentations alimentées par le PMIC TPS65217C et le LDO TL5209, tous les deux intégrés dans le OSD3358-SM. Le système comporte un rail à 5V, deux rails à 3.3V et deux rails à 1.8V. L'alimentation du SiP sera assurée par USB ou via une alimentation externe à 5V via un connecteur « Barrel Jack ». Les tableaux suivants illustrent les besoins en puissance du système.

Tableau 1 : Puissance maximale pouvant entrée dans le SiP OSD3358-SM en fonction du rail d'alimentation

Alimentation	Vin nominal (V)	Courant maximal (A)	Puissance (W)
VIN_AC	5	2	10W
VIN_USB	5	1,3	6.5W

Tableau 2 : Puissance consommée par les périphériques internes du SiP OSD3358-SM en fonction des deux méthodes d'alimentations du système, soit via l'alimentation externe ou par USB.

Alimentation	Tension (V)	Courant maximal (A)	Périphériques	P max des périphériques (mW)	Efficacité*	P max sur le rail (mW)	Courant sur le rail (A)
VIN_AC	5	2	AM3358	1540	0,95	1621,05	0,32
			PMIC	5		5,26	0,00
			LDO	125		131,58	0,03
			DDR	508,5		535,26	0,11
			TOTAL			2293,16	0,46
VIN_USB	5	1,3	AM3358	1540	0,95	1621,05	0,32
			PMIC	5		5,26	0,00
			LDO	125		131,58	0,03
			DDR	508,5		535,26	0,11
			UART-to-USB**	4,15		4,37	0,00
			TOTAL			2297,53	0,46

* L'efficacité des rails d'alimentations dépend du courant circulant sur celles-ci. L'efficacité utilisée ici représente la meilleure estimation que nous pouvions utiliser basée sur le graphique présenté dans l'annexe.

** UART-to-USB sera toujours alimenté directement via le VCC du port USB.

Tableau 3 : Puissance consommée par les périphériques externes connectés aux rails d'alimentation du OSD3358-SM.

Alimentation	Tension (V)	Courant maximal (A)	Périphériques	P max des périphériques (mW)	Efficacité*	P max sur le rail (mW)	Courant sur le rail (A)
SYS_VDD1_3P3V	3,4	0,5	Ethernet PHY	393	0,92	427,17	0,13
			SD Card	264		286,96	0,09
			HDMI Audio lock Generator	49,5		53,80	0,02
			USB hub IC	363		394,57	0,12
			HDMI Video Clock Generator	49,5		53,80	0,02
			TOTAL			1216,30	0,37
SYS_VDD_1P8V	1,8	0,1	HDMI Transceiver	207	0,84	246,43	0,14**
			TOTAL			246,43	0,14**
SYS_RTC_1P8V	1,8	0,1	Reset Buffer	2	0,84	2,38	0,001
			RTC	0		0,00	0,00
			TOTAL			2,38	0,001
SYS_VOUT	5	2	HDMI Power	275	1	275,00	0,055
			TPS2051			0,00	0,00
			TOTAL			275,00	0,06

* L'efficacité des rails d'alimentation dépend du courant circulant sur celles-ci. L'efficacité utilisée ici représente la meilleure estimation que nous pouvions utiliser basée sur le graphique présenté dans l'annexe.

** La valeur de consommation de courant calculé est en utilisant la valeur maximale de consommation puissance trouvée dans la fiche technique du TDA19988 (dernière ligne du tableau 29). Le courant tiré par le HDMI Transceiver peut donc excéder le courant maximal du rail. Cependant, la consommation du HDMI sera moindre que celle prévue dans la fiche technique puisque les 8 derniers bits sont tronqués dans notre design. Nous ne sommes malheureusement pas en mesure de calculer le gain que

cela représente. De plus, selon le budget de puissance présenté dans les App notes de Octavo Systems, le courant maximal de cette composante serait de 77 mA. Finalement, les designs de référence du OSD3358-BAS SBC, du OSD3358-SM RED et du Beaglebone Black, branchent l'alimentation 1.8V du TDA19988 sur le rail SYS_RTC_1P8V. Nous sommes donc certains que notre design fonctionnera.

Tableau 4 : Consommation de puissance totale et puissance disponible par alimentation du système.

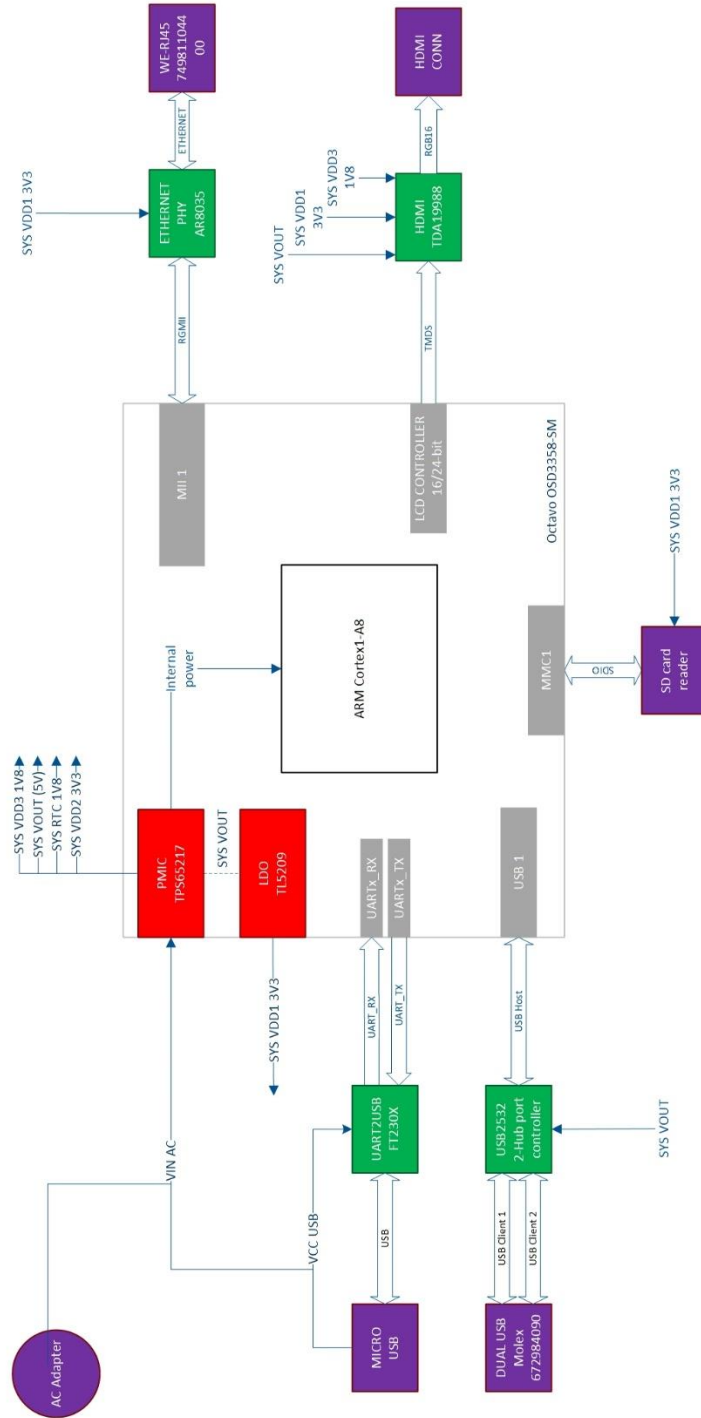
	Puissance (mW)	Courant (A)
Disponible selon l'alimentation	10000,00	2
	6500,00	1,3
Consommation totale	4035,26	0,81
Différence	5964,74	1,19
	2464,74	0,49

Tel que démontré dans le tableau 4, notre balance de puissance est positive. Notre système ne nécessite donc pas d'alimentation supplémentaire que celles déjà intégrées au OSD3358-SM. Pour nos besoins d'alimentation à 3.3V, nous avons donc décidé de connecter tous nos périphériques sur le LDO TL5209, inclus dans le package du OSD3358-SM. Le rail VDD2_3V3 est lui aussi fourni par un LDO et puisque les deux rails peuvent fournir le même courant et relativement la même puissance, l'une ou l'autre aurait pu convenir à nos besoins. Le choix de la VDD1 plutôt que la VDD2 est donc plutôt arbitraire. Cependant, il était important pour nous d'avoir tous nos périphériques sur la même source de 3.3V si possible. Cela permet de ne pas diviser notre plan d'alimentation plus que strictement nécessaire.

3. SCHÉMA-BLOC DU SYSTÈME

La figure 1 illustre le schéma bloc général de notre système.

Schéma bloc du système haute vitesse



Félix-Antoine Robert et Benoit Lemieux

Figure 1 : Schéma bloc général de notre système à haute vitesse.

4. SCHÉMAS ÉLECTRIQUES

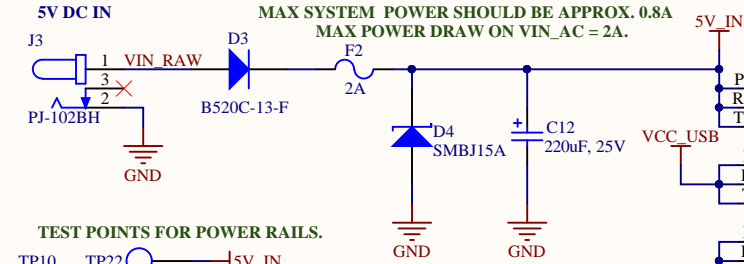
Les schémas électriques de notre système sont présentés dans les pages suivantes.

SOM_POWER: POWER CONNECTIONS AND TEST POINTS.

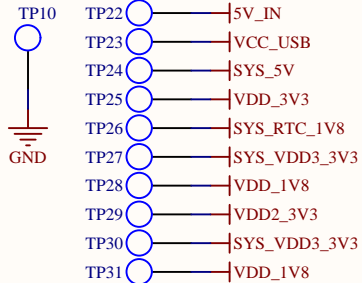
**CONNECT CGND AND GND THROUGH 1206 FOOTPRINT
NEAR BARREL JACK CONNECTION.**

INPUT POWER FROM EXTERNAL POWER SUPPLY.

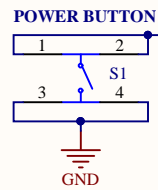
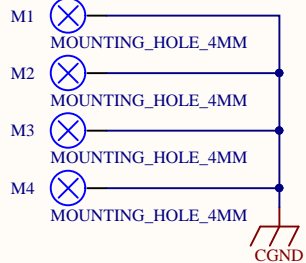
**SYS_VOUT MINIMUM 50uF BULK CAPACITANCE
220uF PLACED NEAR USB HUB.
FOOTPRINT PROVIDED FOR ANOTHER 220uF CAP
RIGHT AT SYS_VOUT OUTPUT.**



**FROM DATASHEET: WHEN VIN_BAT NOT USED,
CONNECT TO BAT_SENSE.
AND LEAVE PMIC_TS FLOATING**

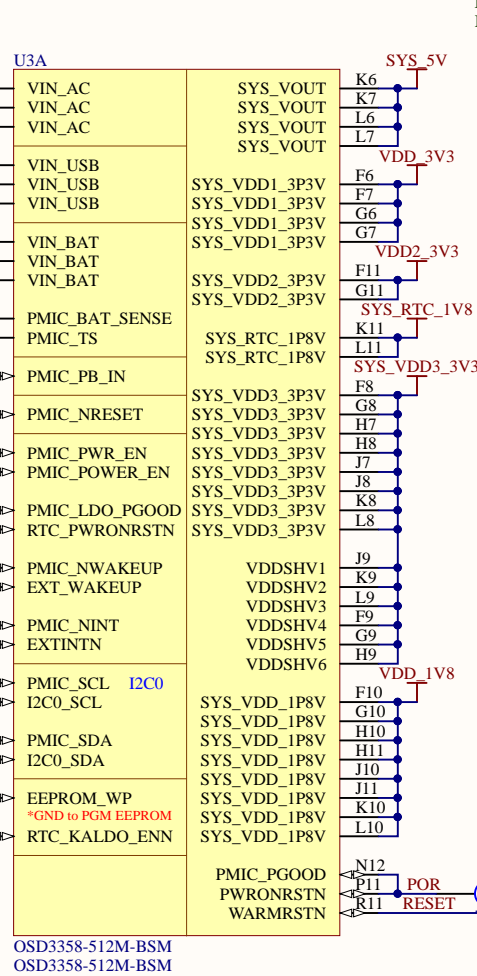


MOUNTING HOLES

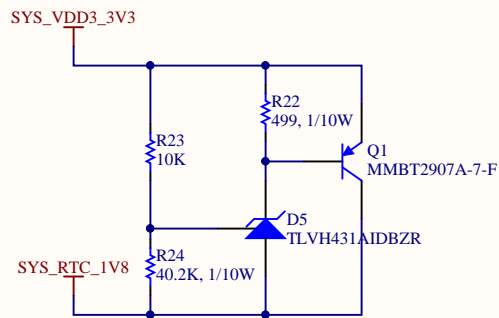
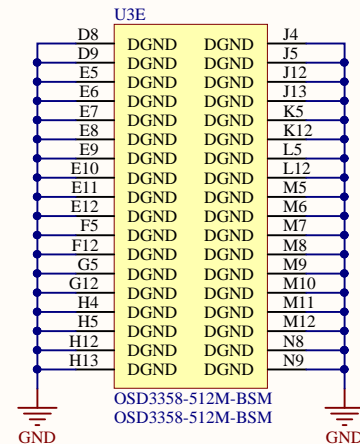
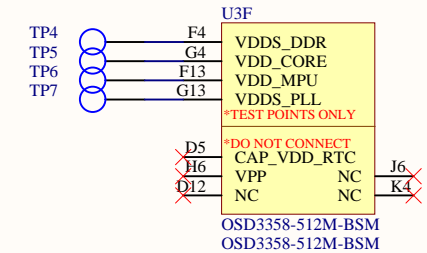
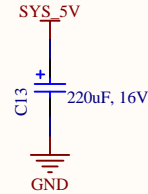


VDD_3V3

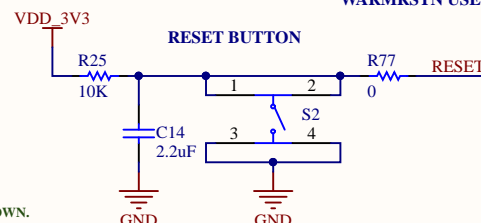
4.7K INTERNAL PULL-UPS.
1.5K RESISTORS INCLUDED TO CHANGE
PULL-UP VALUE IF NEEDED.



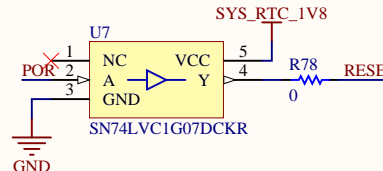
WARMRSTN USE CASE #2 ON OCTAVO DESIGN GUIDE.



**CLAMPING CIRCUIT IN ORDER TO MAINTAIN 1.55V
DIFFERENCE BETWEEN VDD3_3V3 AND RTC_1V8 RAILS DURING POWER DOWN.**



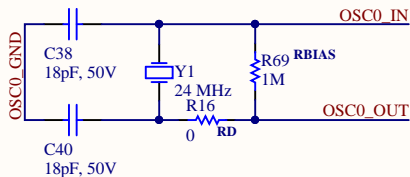
POWER ON RESET ELECTRONIC CONTROL



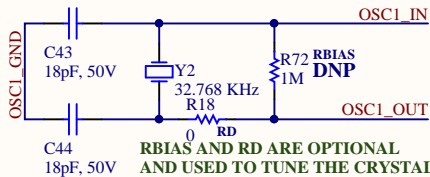
Title			
Size A4	Number		Revision
Date:	2020-02-17	Sheet	of
File:	D:\PROJECTS\...\SOM Power.SchDoc	Drawn By:	

SOM_IO3: CLOCK CRYSTALS, JTAG, USB PORTS, AND ANALOG.

MAIN CLOCK OSCILLATOR



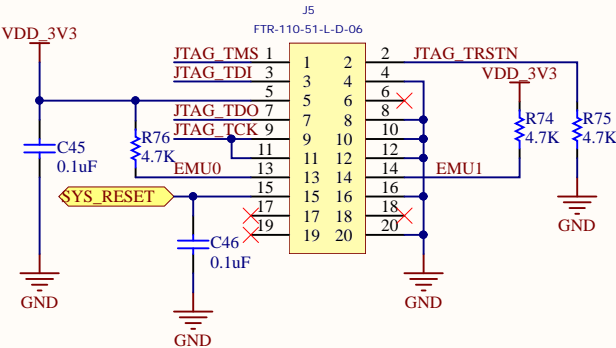
RTC OSCILLATOR



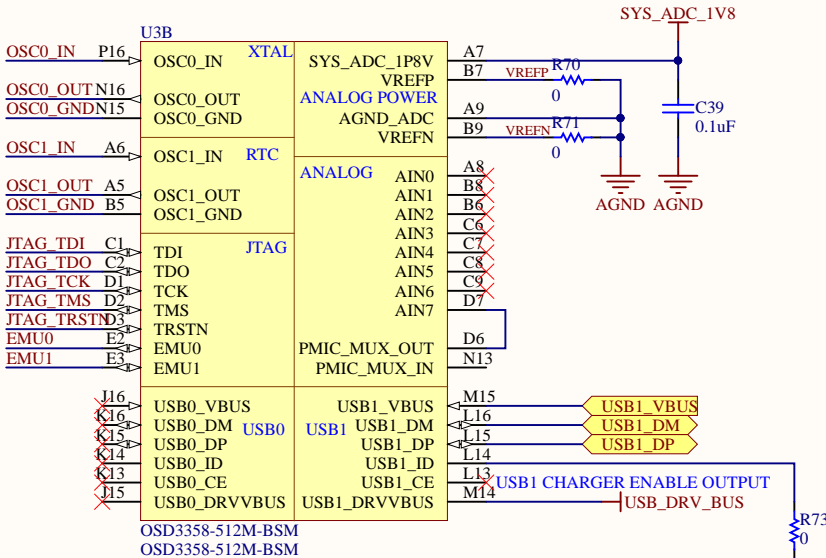
RBIAS AND RD ARE OPTIONAL
AND USED TO TUNE THE CRYSTALS.
RD = 0-OHM BY DEFAULT.
RBIAS = DNP BY DEFAULT.

SEE AM335x DATASHEET Tables 6.2 AND 6.5 FOR CRYSTAL REQUIREMENTS.

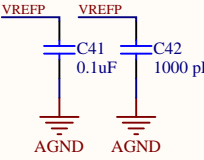
JTAG DEBUG PORT



ADVANCED JTAG FEATURES NOT SUPPORTED
EMU2, EMU3, AND EMU4 NOT CONNECTED.

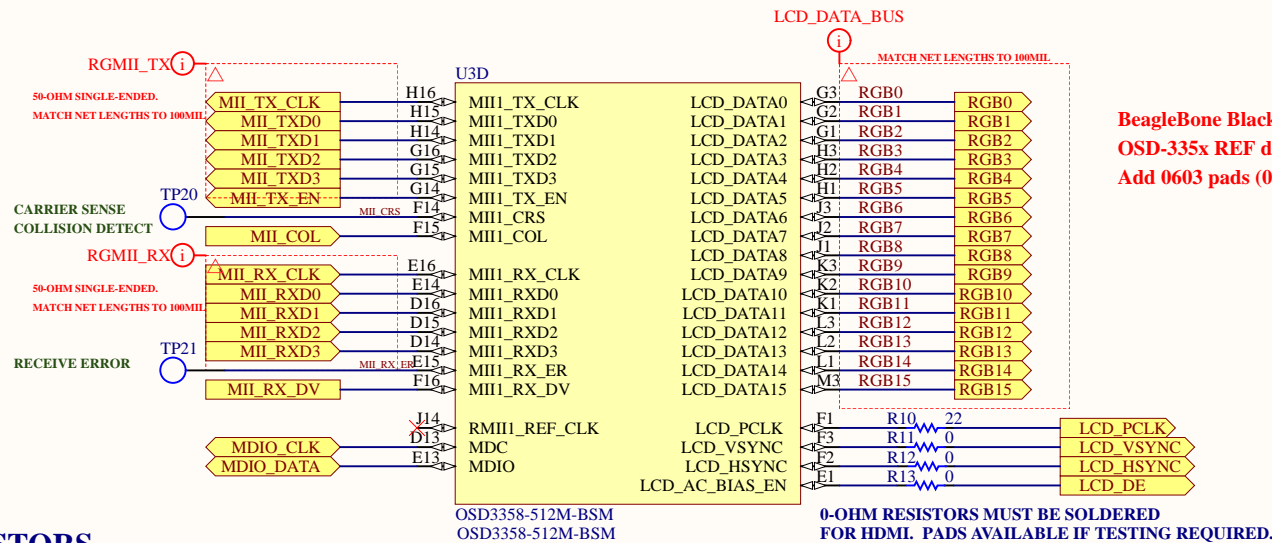


ANALOG REFERENCE DECOUPLING CAPACITORS



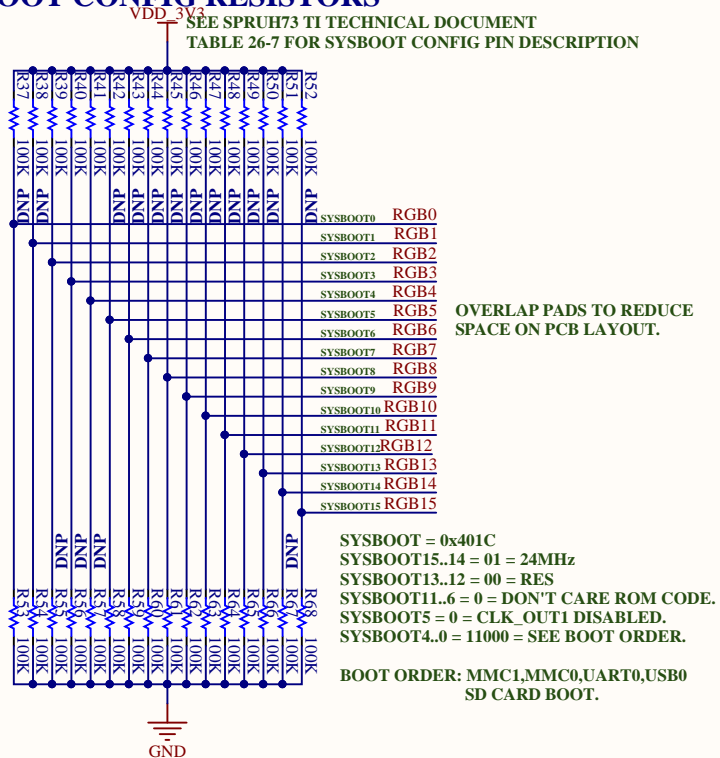
Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	2020-02-17	Sheet of
File:	D:\PROJECTS\...\SOM_IO3.SchDoc	Drawn By:

SOM_IO2: ETHERNET AND HDMI.



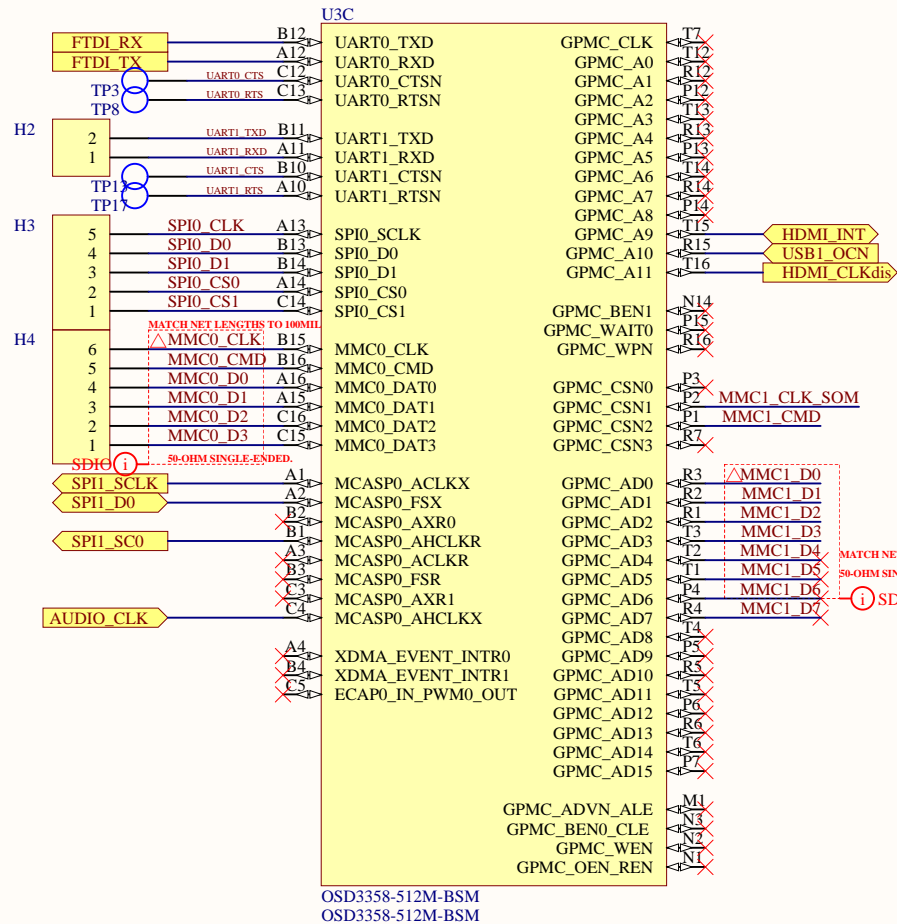
BOOT CONFIG RESISTORS

SEE SPRUH73 TI TECHNICAL DOCUMENT
TABLE 26-7 FOR SYSBOOT CONFIG PIN DESCRIPTION

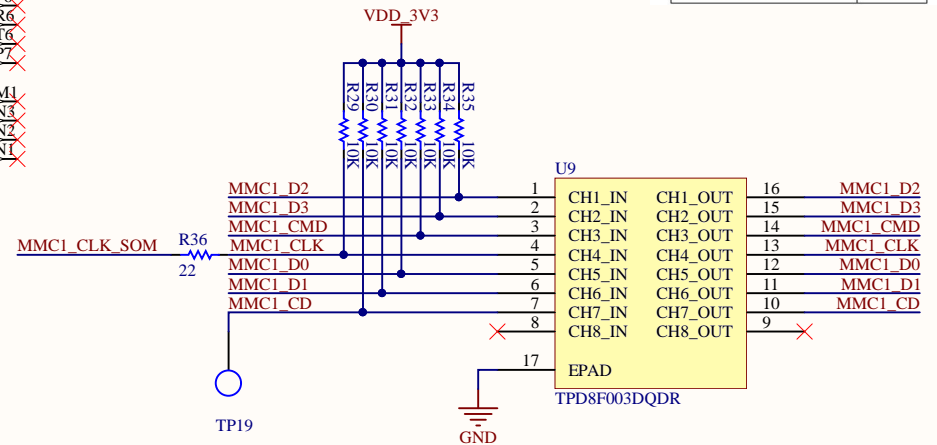
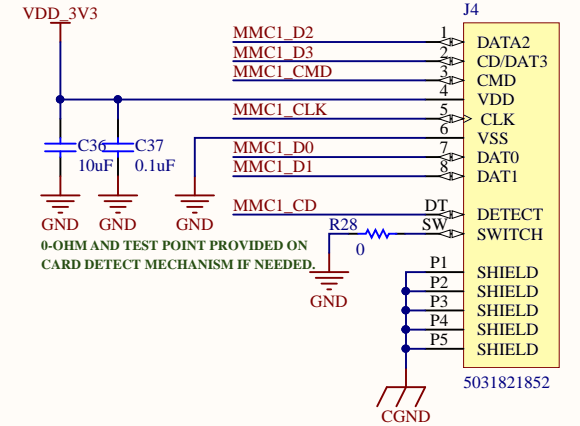


Title		
Size A4	Number	Revision
Date:	2020-02-17	Sheet of
File:	D:\PROJECTS\...\SOM IO2.SchDoc	Drawn By:

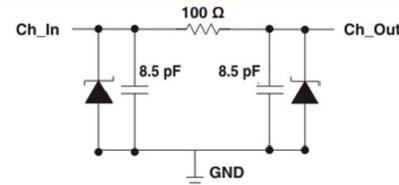
SOM_IO1: UART, SPI, MMC, GPIO, ETC.



MMC1 SD CARD STORAGE FOR LINUX IMAGE BOOT.



EMI AND ESD FILTER BLOCK DIAGRAM

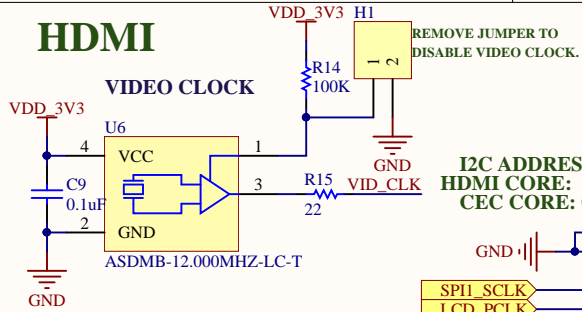


12 kV ESD PROTECTION (CONTACT)
25dB @ 1GHz FILTER FOR EMI
CUT-OFF FREQUENCY @ 200MHz

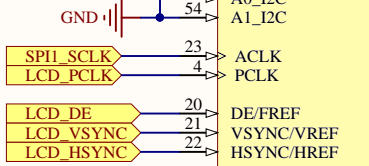
Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	2020-02-17	Sheet of
File:	D:\PROJECTS\...\SOM_IO1.SchDoc	Drawn By:

HDMI

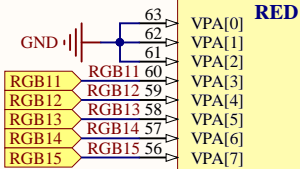
VIDEO CLOCK



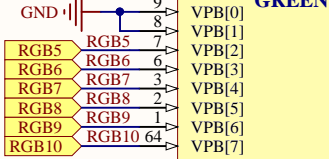
I2C ADDRESSES
HDMI CORE: 0x70
CEC CORE: 0x68



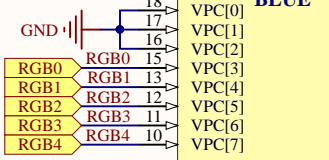
AUDIO



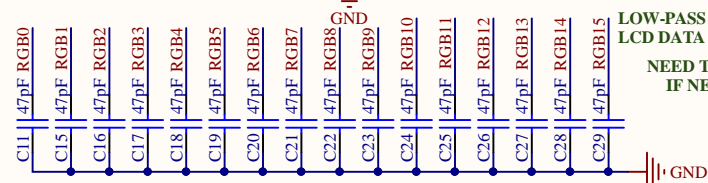
GREEN



BLUE



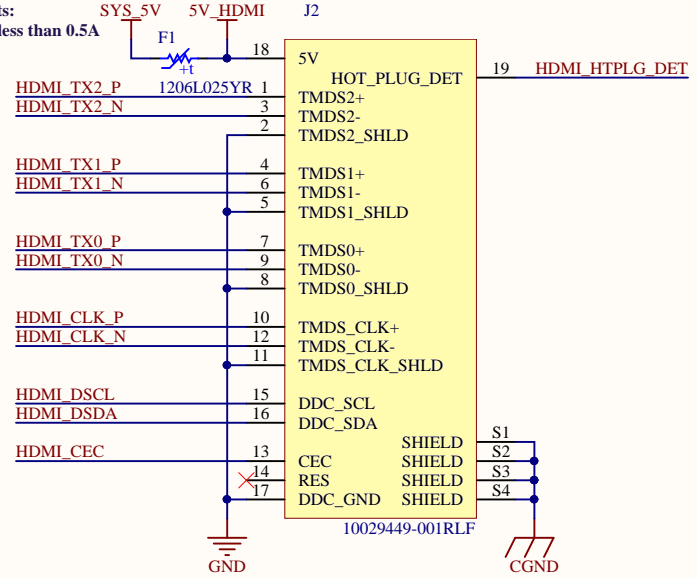
TDA19988BHN/C1,557



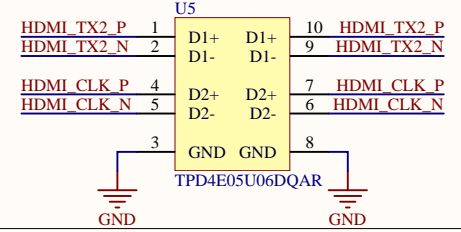
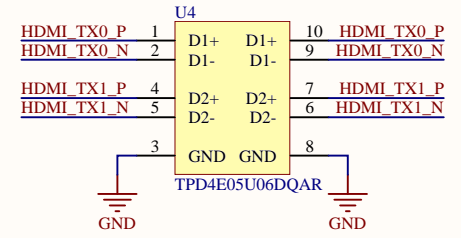
HDMI DECOUPLING CAPACITORS
PLACE AS CLOSE AS POSSIBLE TO VDD PINS.



As per HDMI requirements:
- Short circuit protection, less than 0.5A
Fused at 0.25A.



100-OHM DIFFERENTIAL IMPEDANCE
MATCH GROUP NET LENGTHS TO 100MILS.
MATCH DIFF PAIR NET LENGTHS TO 5MILS.

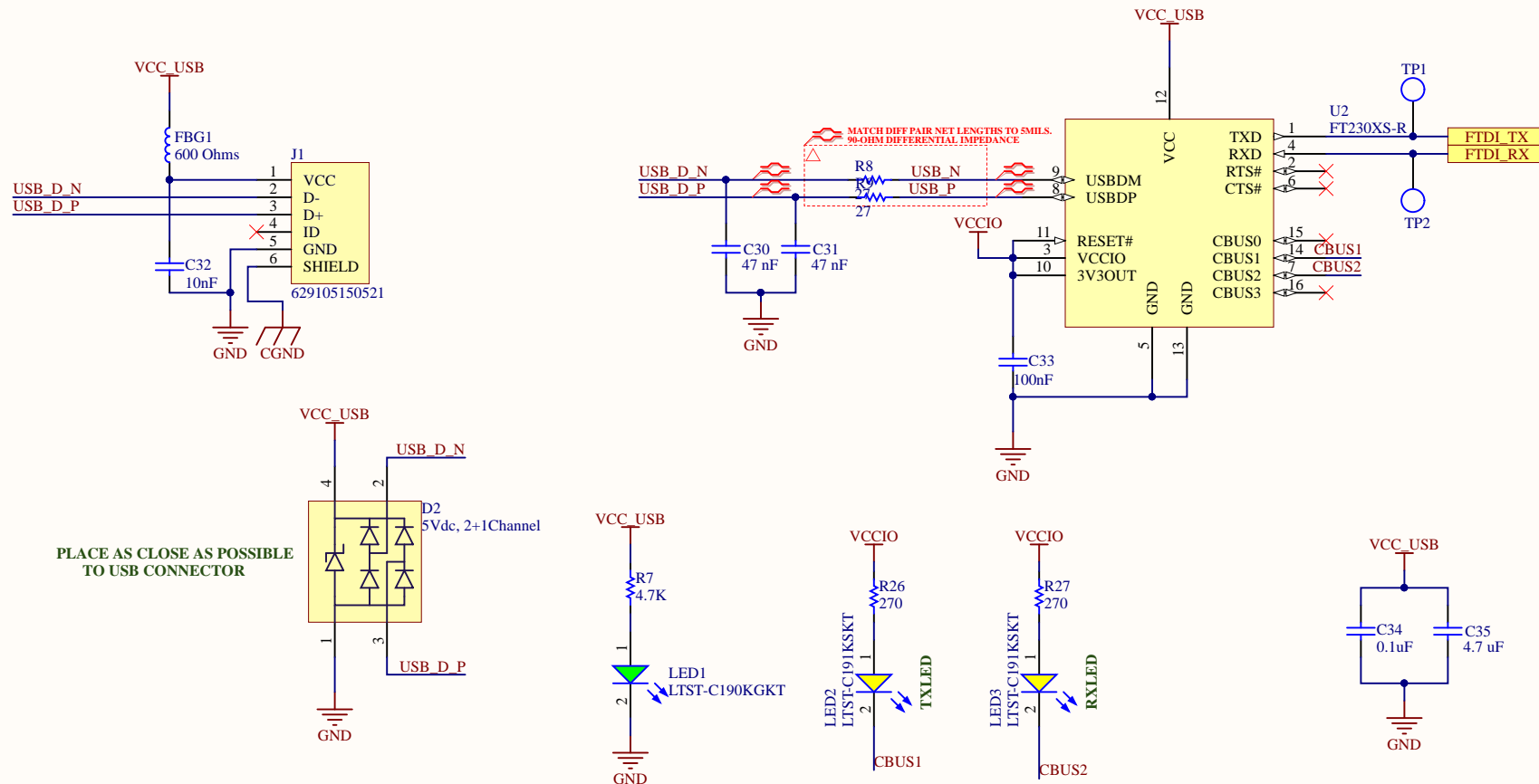


LOW-PASS FILTER CAPS FOR
LCD DATA BUS.

NEED TO TEST
IF NEEDED.

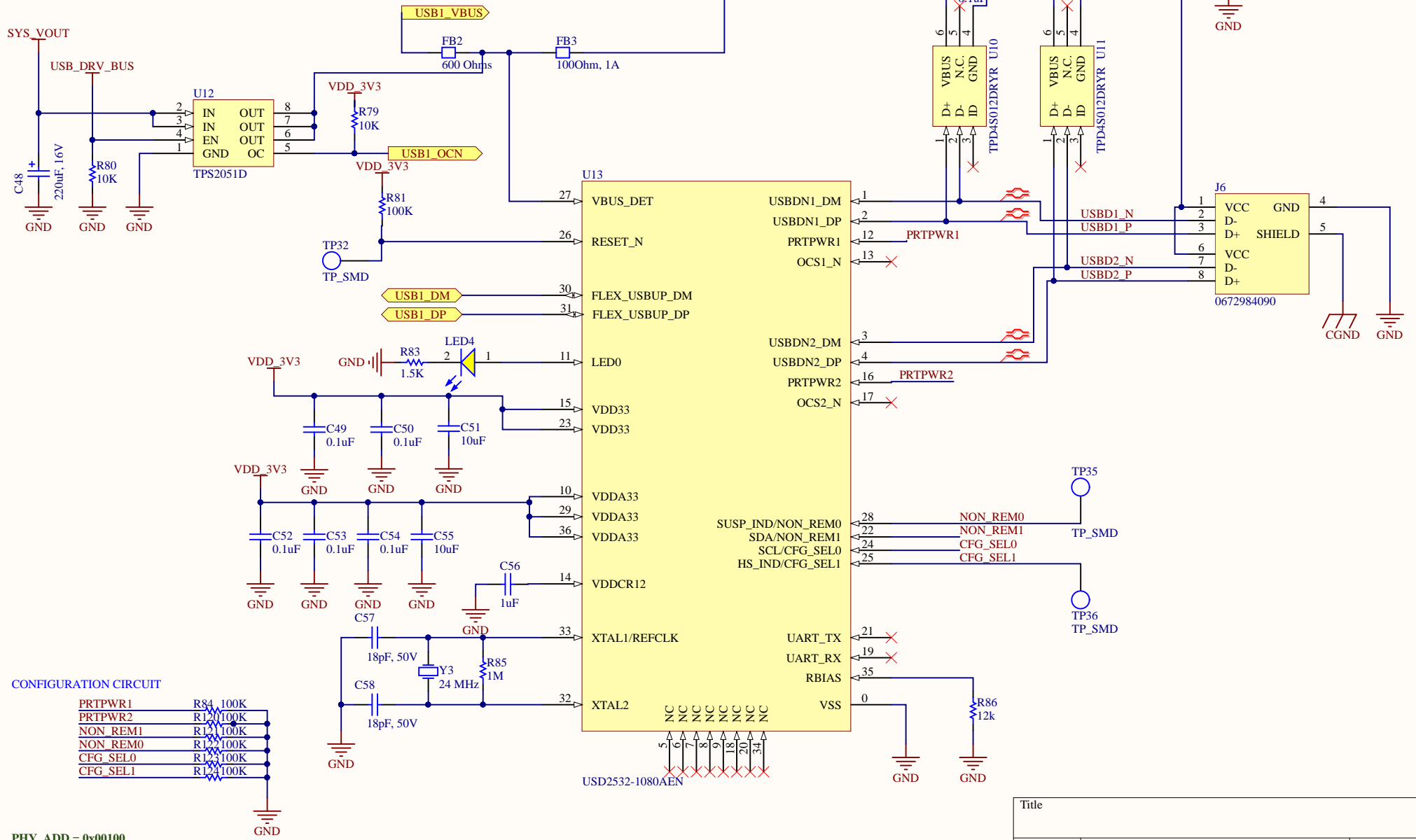
Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	2020-02-17	Sheet of
File:	D:\PROJECTS\...\HDMI.SchDoc	Drawn By:

UART DEBUG: DEBUG PORT.



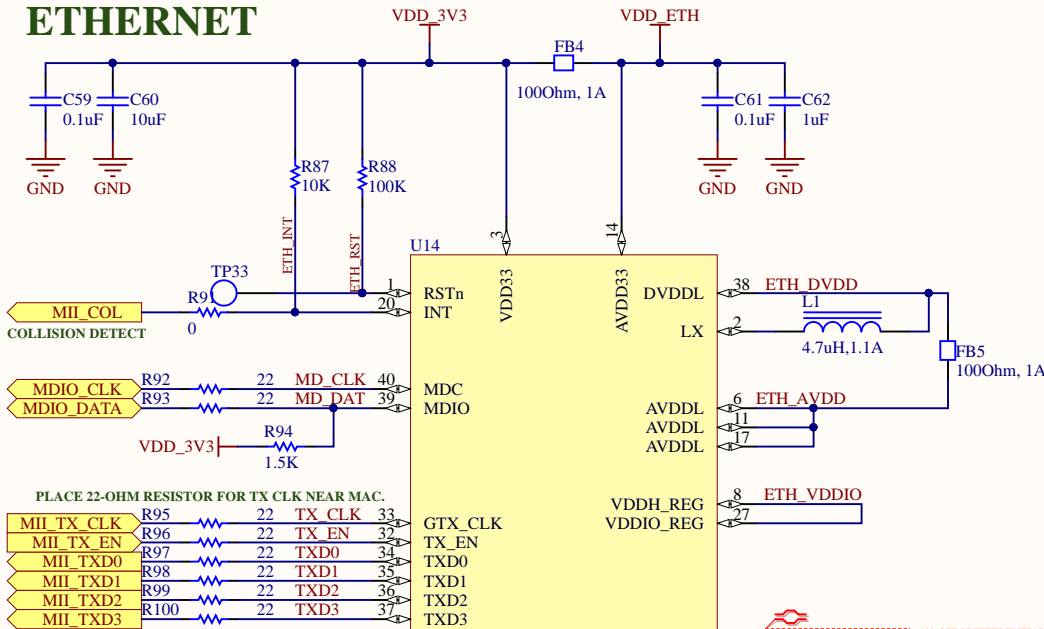
Title		
Size A4	Number	Revision
Date:	2020-02-17	Sheet of
File:	D:\PROJECTS\...\P03_UART_Debug.SchDoc	
	Drawn By:	

USB HUB

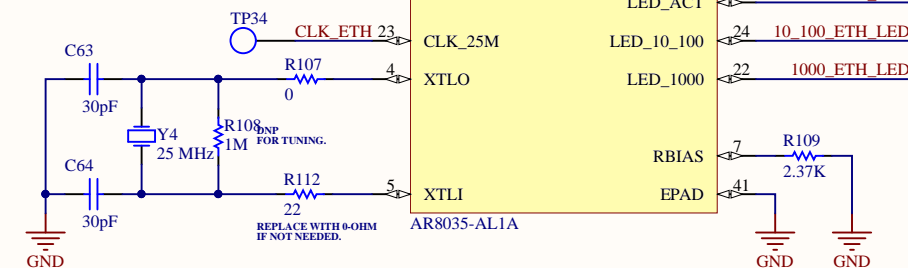
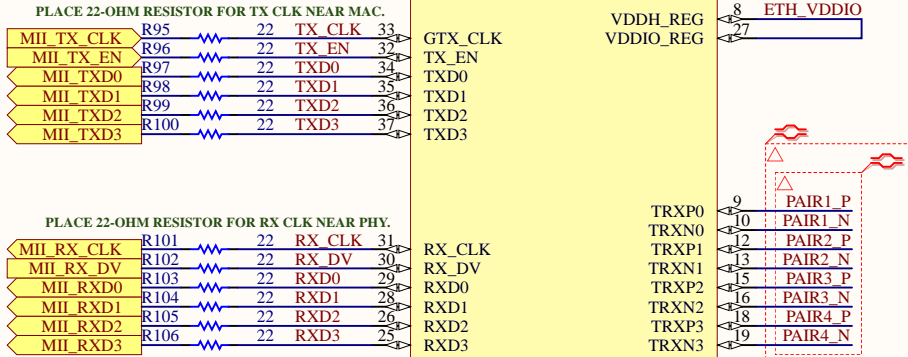
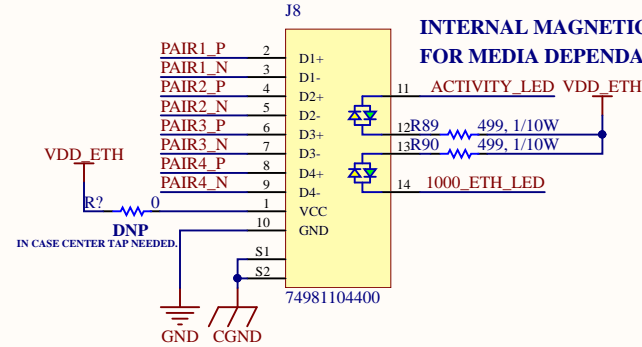


Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	2020-02-17	Sheet of
File:	D:\PROJECTS\...\P04_USB_hub.SchDoc	Drawn By:

ETHERNET

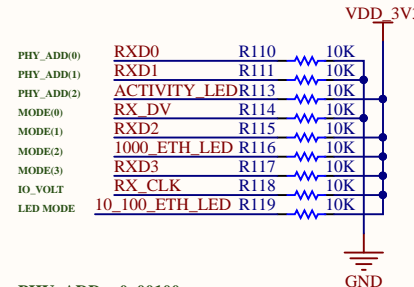


INTERNAL MAGNETICS AND BOB SMITH TERMINATION FOR MEDIA DEPENDANT INTERFACE



100-OHM DIFFERENTIAL IMPEDANCE.
MATCH GROUP NET LENGTHS TO 100MILS.
MATCH DIFF PAIR NET LENGTHS TO 5MILS.

BOOT-CONFIG FOR ETHERNET PHY



PHY_ADD = 0x00100
MODE = 1100 = PLLON (25M OUT CONTINUOUS)
IO_VOLTAGE = 1.8V
10_100_LED PULLED UP = ACTIVE LOW.

PHY Pin	PHY Core Config Signal	Description	Default Internal Weak Pull-up/Pull-down
RXD0	PHYADDRESS0	LED_ACT, RXD[1:0] sets the lower three bits of the physical address. The upper two bits of the physical address are set to the default, "00".	0
RXD1	PHYADDRESS1		0
LED_ACT	PHYADDRESS2		1
RX_DV	MODE0	mode select bit 0	0
RXD2	MODE1	mode select bit 1	0
LED_1000	MODE2	mode select bit 2	1
RXD3	MODE3	mode select bit 3	0
RX_CLK	1.8V/1.5V	Select the RGMII/RMII I/O voltage level 1: 1.8V I/O 0: 1.5V I/O	0

NOTE: 0=Pull-down, 1=Pull-up

NOTE: Power on strapping pins are latched during power-up reset or warm hardware reset.

NOTE: Some MAC devices input pins may drive high/low during power-up or reset. So PHY power on strapping status may be affected by the MAC side. In this case an external 10K pull-down or pull-high resistor is needed to ensure a stable expected status.

NOTE: When using 2.5V RGMII I/O voltage level, RX_CLK can be pull-up or pull-down.

Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	2020-02-17	Sheet of
File:	D:\PROJECTS\...\P05_Ethernet.SchDoc	Drawn By:

5. CALCULS D'IMPÉDANCES

Les traces des paires différentielles du USB, du HDMI et du Ethernets, ainsi que les traces des signaux SDIO et RGMII nécessitent un contrôle de l'impédance afin de maintenir l'intégrité des signaux. Tous les calculs ont été effectués en considérant le modèle des microstrips, tel qu'illustré par la figure 2.

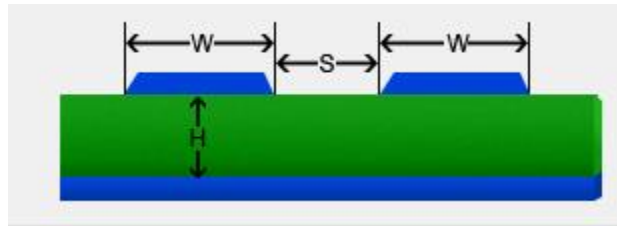


Figure 2 : Schéma du modèle des microstrips pour le calcul des impédances de traces.

Les calculs d'impédances ont été effectués en utilisant une épaisseur de cuivre de 0,5oz avec une couche d'étain de 0,5oz. Le diélectrique utilisé (FR-4) a une perméabilité relative de 4,6. Selon notre stack up, la hauteur H est de 0,2 mm, soit 7.9 mils. Nous avons utilisé le programme Saturn PCB Design pour calculer les impédances. Les figures suivantes illustrent les résultats des calculs.

USB

Les traces différentielles du USB doivent avoir une impédance de 90 ohms, à $\pm 15\%$. L'impédance de chaque trace individuelle est moins critique. Il est suggéré qu'elle se situe entre 42 et 78 ohms. Selon notre calcul, les traces seront larges de 9 mils et espacées de 5 mils. Cela donne une impédance différentielle de 89,3 ohms et une impédance de trace de 60,5 ohms.

Differential Pairs

Conductor Width (W)	Target Zdiff	Formula Restrictions:
<input type="text" value="9"/> mils	<input type="text" value="90"/> Ohms	$0.1 < W/H < 3.0$ $0.1 < S/H < 3.0$
Conductor Spacing (S)		
<input type="text" value="5"/> mils		
Conductor Height (H)		
<input type="text" value="7.9"/> mils		
$W/H = 1.139$ $S/H = 0.633$		
Zdifferential		
<input type="text" value="89.299"/> Ohms <input checked="" type="checkbox"/>		
Zo		
<input type="text" value="60.455"/> Ohms		
+/- Tolerance = 15%		

Figure 3 : Calcul d'impédance des paires différentielles USB.

HDMI

Les traces différentielles du HDMI doivent avoir une impédance de 100 ohms, à $\pm 10\%$. L'impédance de traces individuelles doit être de 50 ohms, à $\pm 15\%$. Selon notre calcul, les traces seront larges de 11 mils et espacées de 12 mils. Cela donne une impédance différentielle de 96,7 ohms et une impédance de trace de 54,4 ohms.

The screenshot shows a software interface for calculating PCB impedance for HDMI differential pairs. On the left, under 'Differential Pairs', the input fields are: Conductor Width (W) set to 11 mils, Conductor Spacing (S) set to 12 mils, and Conductor Height (H) set to 7.9 mils. Below these, the ratios are calculated as W/H = 1.392 and S/H = 1.519. In the center, the 'Target Zdiff' is set to 100 Ohms. On the right, the results are displayed: 'Zdiffrential' is 96.649 Ohms with a green status indicator, and 'Zo' is 54.399 Ohms. A tolerance of +/- 10% is shown with a corresponding slider.

Parameter	Value
Conductor Width (W)	11 mils
Conductor Spacing (S)	12 mils
Conductor Height (H)	7.9 mils
W/H	1.392
S/H	1.519
Target Zdiff	100 Ohms
Zdiffrential	96.649 Ohms
Zo	54.399 Ohms
Tolerance	+/- 10%

Figure 4 : Calcul d'impédance des traces différentielles et individuelles du HDMI.

ETHERNET

Les traces différentielles de l'Ethernet doivent avoir une impédance de 100 ohms, à $\pm 15\%$. L'impédance de traces individuelles doit être de 50 ohms, à $\pm 15\%$. Selon notre calcul, les traces seront larges de 10 mils et espacées de 5,5 mils. Cela donne une impédance différentielle de 86,4 ohms et une impédance de trace de 57,3 ohms.

The screenshot shows a software interface for calculating PCB impedance for Ethernet differential pairs. On the left, under 'Differential Pairs', the input fields are: Conductor Width (W) set to 10 mils, Conductor Spacing (S) set to 5.5 mils, and Conductor Height (H) set to 7.9 mils. Below these, the ratios are calculated as W/H = 1.266 and S/H = 0.696. In the center, the 'Target Zdiff' is set to 100 Ohms. On the right, the results are displayed: 'Zdiffrential' is 86.403 Ohms with a red status indicator, 'Zo' is 57.298 Ohms, and a third value of 73.442 Ohms is shown at the bottom. A tolerance of +/- 15% is shown with a corresponding slider.

Parameter	Value
Conductor Width (W)	10 mils
Conductor Spacing (S)	5.5 mils
Conductor Height (H)	7.9 mils
W/H	1.266
S/H	0.696
Target Zdiff	100 Ohms
Zdiffrential	86.403 Ohms
Zo	57.298 Ohms
Additional Zo	73.442 Ohms
Tolerance	+/- 15%

Figure 5 : Calcul d'impédance des traces différentielles et individuelles de l'Ethernet.

Pour ce calcul, le logiciel nous met en erreur comme quoi l'impédance de la paire différentielle est trop basse. Cependant, selon la tolérance indiquée dans le standard Ethernet, la borne inférieure de l'impédance différentielle est de 100 ohms – 15%, soit 85 ohms. Nous sommes donc à l'intérieur de notre intervalle. Nous sommes contraints à utiliser ces paramètres d'espacement et de largeur de traces, car les pads du PHY Ethernet sont très rapprochés les uns des autres, laissant peu de marge de manœuvre pour espacer nos traces. Les valeurs présentées à la figure 5 représentent le meilleur compromis que nous avons pu trouver, tout en respectant le standard.

SDIO

Les traces du SDIO doivent avoir une impédance de 50 ohms. Selon notre calcul, les traces seront larges de 12 mils. Cela donne une impédance de 54,1 ohms. Comme le SDIO n'est pas formé de traces différentielles, le modèle microstrip doit être légèrement modifié, tel qu'illustré dans la figure 6.

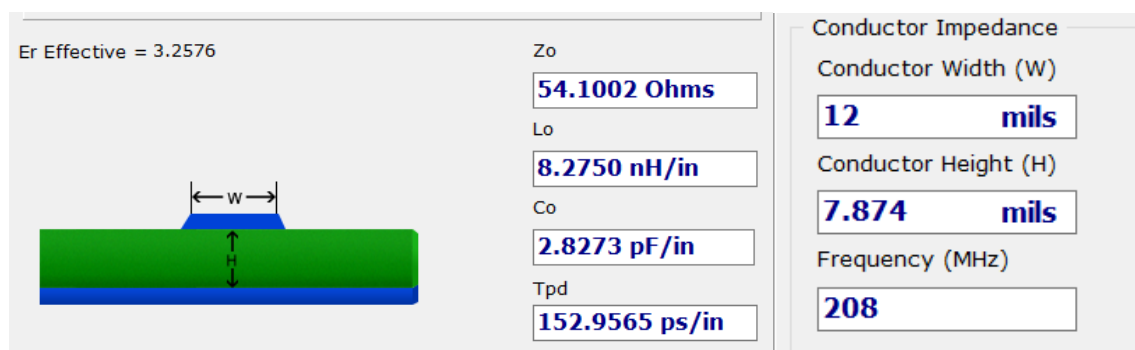


Figure 6 : Calculs d'impédance des traces du SDIO considérant la vitesse d'opération maximale.

RGMII

Les traces du RGMII doivent avoir une impédance de 68 ohms. Selon notre calcul, les traces seront larges de 7,5 mils. Cela donne une impédance de 67,5 ohms. Comme le RGMII n'est pas formé de traces différentielles, le modèle microstrip doit être légèrement modifié, tel qu'illustré dans la figure 7.

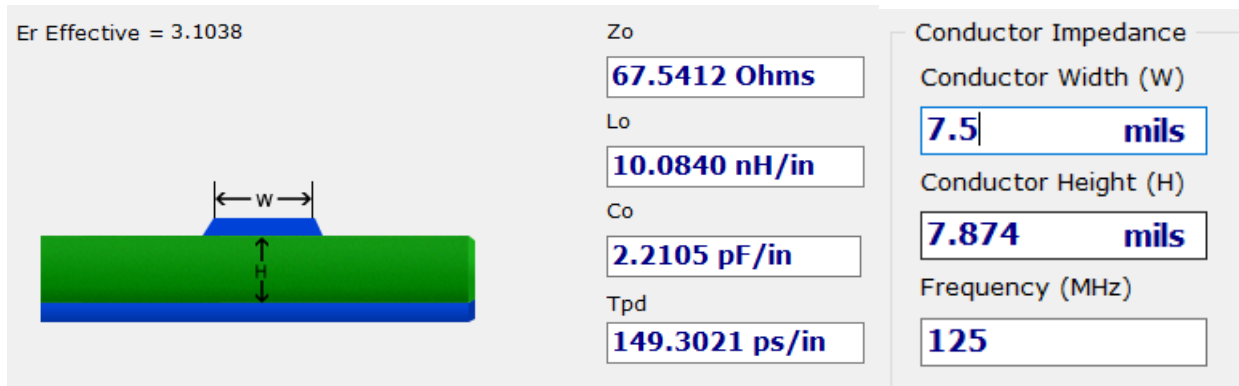
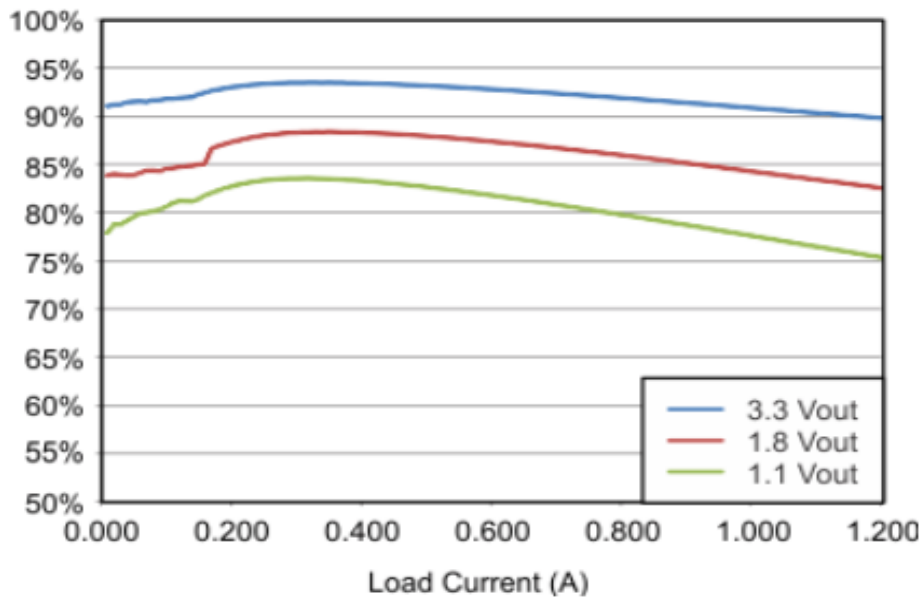


Figure 7 : Calculs d'impédance des traces du RGMII considérant la vitesse d'opération maximale.

ANNEXE

7.7 Typical Characteristics



Graphique 1 : Efficacité des rails de puissance du SiP OSD335x-SM selon le courant tiré par la charge.