EsSleep

Design-Rapport.
Schematisch ontwerp in KiCad

Onderzoek door:
Julian van Ham, Exi-Electric

Exi-Electric

November 4, 2026

Disclaimer

Dit rapport is opgesteld met redelijke zorg en vakbekwaamheid op basis van de overeengekomen scope en de beschikbare informatie. De hierin opgenomen beoordeling of aanbevelingen vormen geen certificering, wettelijke goedkeuring of garantie dat het product aan alle toepasselijke eisen voldoet. De opdrachtgever blijft verantwoordelijk voor verificatie, validatie, testen en het verkrijgen van eventuele vereiste certificeringen of wettelijke goedkeuringen. Exi-Electric kan niet garanderen dat het ontwerp of rapport aan iedere prestatie-eis of andere toepasselijke vereiste voldoet, tenzij dit uitdrukkelijk schriftelijk is overeengekomen. Aansprakelijkheid van Exi-Electric is beperkt overeenkomstig de toepasselijke algemene voorwaarden, waaronder de daarin opgenomen aansprakelijkheidsbeperking.

Copyright

© [2026] []

Dit rapport is een project-specifieke deliverable en wordt, na volledige betaling, eigendom van de opdrachtgever. De opdrachtgever mag dit rapport gebruiken, reproduceren en wijzigen voor het overeengekomen doel van het project. De overdracht van het rapport omvat geen overdracht van onderliggende methoden, tools, scripts, templates of andere herbruikbare middelen van Exi-Electric. Intellectueel eigendom van derden, waaronder software, bibliotheken en gelicentieerde materialen, blijft eigendom van de betreffende rechthebbenden.

Contact

Korenbloem 13, Zevenbergen
4761WB
Nederland

KvK: 42075319

Contact: julianvanham@exi-electric.com

Exi-Electric

Changelog

A1	04/11/2026	Origineel verslag.

Table of Contents

1 Power **4**
1.1 TPS63802 4
1.2 TPS61088 5
1.3 MCP73831 6
2 Accelerometer **6**
3 Interface **7**
3.1 SD-kaart 7
3.2 Audio 8
4 ESP32 . . . . . **9**
Reference List **10**

Exi-Electric

1 Power

1.1 TPS63802

Deze IC is verantwoordelijk voor het omvormen van de variabele spanning van de 18650-cellen ($3V - 4.2V$) naar een constante spanning van $3.3V$ voor de ESP32. Voor deze toepassing is gekozen voor de TPS63802 Buck-Boost Converter van Texas Instruments [10].

1.1.1 Passieve Componenten

Er zijn op aanraden van datasheet ontkoppelingscondensatoren (C4 - $22\mu F$, C5 - $10\mu F$) geplaatst bij de in- en uitgang van de TPS63802. De datasheet raad een aantal spoelen aan, deze zijn echter niet gekozen vanwegen slechte beschikbaarheid. In plaats daarvan is gekozen een andere spoel met dezelfde inductie ($0.47\mu H$), een hogere saturatiestroom ($6.5A$), en een vergelijkbare DC weerstand ($12m\Omega$) [1].

1.1.2 Instellingen

Om een uitgangsspanning van $3.3V$ te krijgen is de spanningsdeler op de FB pin gekozen via Tabel 10-5 als R4 ($511k\Omega$) en R5 ($91k\Omega$). De powergood-pin (PG) is verbonden aan de ESP32 voor debugging, de datasheet specificeerd een maximale stroom van $1mA$ voor deze pin. Dat is gederate naar $0.5mA$ voor de bereking van de waarde van de pull-up weerstand als:

$$R_{\text{pu}} = \frac{V_{\text{max}}}{I_{\text{max}}} = \frac{4.2V}{0.5mA} = 8.4k\Omega \tag{1}$$

Naar boven afronden voor de E24-serie geeft R1 als $9.1k\Omega$. De TPS63802 biedt twee modi van werking, PFM en forced-PWM. PFM is een efficientere modus voor lagere vermogens, maar kan leiden tot meer ruis op de uitgangsspanning. Forced-PWM is robuster maar verbruikt meer stroom. Gebaseerd op de datasheet is gekozen voor PFM. Echter is er flexibiliteit ingeboud door een jumper te plaatsen op de EN pin, zodat er later nog gekozen kan worden op PFM zonder de PCB aan te passen.

Exi-Electric

1.2 TPS61088

Deze IC zet de spanning van de 18650-cellen ($3V - 4.2V$) om naar een variabele spanning $4.5V - 9V$ voor de TAS5805M audioversterker. Voor deze toepassing is gekozen voor de TPS61088 Boost Converter van Texas Instruments [9].

1.2.1 Uitgangsspanning

Omdat het nog niet compleet duidelijk hoeveel vermogen wenselijk is voor de TAS5805M (speakervermogen vs. verbruik) is er gekozen deze spanning voor de prototypes variabel te maken. De uitgangsspanning wordt ingesteld door de spanningsdeler op de FB pin, R8 en R9. kdaodksal;dk;dskal;

1.2.2 DAC

Om de uitgangspanning (ingangsspanning van de TAS5805M) in software te kunnen bepalen, wordt gebruik gemaakt van de DAC5571 van Texas Instruments [7]. Dit is een simpele 8-bit I2C DAC, met een adress-bit (A0). A0, SDA, SCL zijn verbonden met de ESP32 via een pull-up weerstand van $10k\Omega$ (R20, R21, R22).

1.2.3 Passieve Componenten

Op de ingang van de TPS61088 is een ontkoppelingscondensator van $10\mu F$ geplaatst (C5) voor grote transients en een ontkoppelingscondensator van $0.1\mu F$ (C1) voor hoge frequenties transients. Op aandringen van de datasheet is de SS-pin voorzien van een $47nF$ condensator (C9), de BOOT-pin van een $0.1\mu F$ condensator (C10) en VCC van een $3.3\mu F$ condensator (C2). De uitgang is voorzien van 3 ontkoppelingscondensatoren (C6, C7, C8) van $22\mu F$. Er is een $110k\Omega$ weerstand (R19) geplaatst tussen FSW en SW. Omdat de aangeraden spoel uit de datasheet erg duur was, is er voor L2 een alternatief gekozen [4].

1.2.4 Current Limiter

De TPS61088 maakt heeft een current-limiter die de maximale stroom door de IC beperkt in het geval van een short. De TAS5805 audioversterker heeft een current-limiter die inschakelt bij $5A$, met 10% marge kan het dus gesteld worden nooit meer als $5.5A$ nodig te hebben. In de datasheet staat Vergelijking 4 als:

$$I_{\text{lim}} = \frac{550,000}{R_{\text{lim}}} \rightarrow R_{\text{lim}} = \frac{550,000}{I_{\text{lim}}} \tag{2}$$

Hieruit volgt $R_{\text{lim}} = 100k\Omega$, dit is verhoogd naar E24-serie $110k\Omega$ (R18).

1.2.5 Loop Stabiliteit

De TPS61088 heeft parallele condensatoren en weerstanden nodig om te zorgen dat er geen ongewenste 'steady-state' oplossingen bestaan tijdens het opstarten en uitzetten van de omvormer. De datasheet geeft vergelijkingen voor het bepalen van de waarde hiervan:

EX-Electric

1.3 MCP73831

USB-C charging van de 18650 cellen vind plaats via de MCP73831 [3] van Microchip. Deze chip neemt de $5V$ bus van de USB-C verbinding en laad dan de 18650 veilig op via CVCC-charging. De in- en uitgang hebben een bufferingscondensator van $4.7\mu F$ (C17, C17).

1.3.1 LED

De MCP73831 heeft native LED-functionaliteit op de STAT-pin. Hier is de LTST-C190KRKT [2] aan verbonden. De LED-weerstand is bepaald als:

$$R_{22} = \frac{V_{cc} - V_f}{I_{max}} = \frac{3.3V - 2.4V}{30mA} = 30\Omega \tag{3}$$

1.3.2 Settings

De hoogte van de stroom die naar de 18650 loopt wordt bepaald aan de hand van de programmeerweerstand R28. Deze is berekend met van de volgende formule uit de datasheet:

$$I_{reg}[\text{mA}] = \frac{1000}{R_{prog}[\text{k}\Omega]} \rightarrow R_{prog}[\text{k}\Omega] = \frac{1000}{I_{reg}[\text{mA}]} \tag{4}$$

R28 is in dit ontwerp op $2k\Omega$ voor de hoogst mogelijke uitgangsstroom.

2 Accelerometer

Om te meten of de eindgebruiker in slaap gevallen is wordt gebruik gemaakt van de LIS3DHTR accelerometer [6]. Alle N.C pins staan niet op de schematic. De ADCs zijn ongebruikt en zijn op aanraden van de datasheet onverbonden. De accelerometer communiceerd via I2C.

De SA0-bit is verbonden aan ground via pull-down.

Ex-Electric

3 Interface

3.1 SD-kaart

Voor het bewaren van de audiobestanden en gebruikersinstellingen op de EsSleep is er gekozen voor een microSD-kaart. Er is gekozen voor een microSD-kaart houder met een CD (card-detect) pin, zodat de ESP32 kan detecteren of er een SD-kaart aanwezig is. De CD-pin wordt laag getrokken als de kaart in de houder zit, en via een pull-up (R10, $10k\Omega$) hoog getrokken als de houder leeg is.

3.1.1 Communication

Er zijn 3 gangbare opties voor het communiceren met een SD-kaart: SPI, 1-bit SD en 4-bit SD. Om het ontwerp flexibel te houden in de ontwikkeling is er voor gekozen alle 3 de opties te ondersteunen. Vind hieronder welke pinnen er voor welke protocollen verbonden zijn. DAT0 tot DAT3 en

Symbol pin	Label	SPI	1-bit	4-bit	GPIO
1	DAT2	–	–	D2	33
2	DAT3	CS	–	D3	34
3	CMD	MOSI	CMD	CMD	35
5	CLK	SCK	CLK	CLK	36
7	DAT0	MISO	D0	D0	37
8	DAT1	–	–	D1	38

CMD zijn met pull-up weerstanden R11 tot R15 (10kΩ) verbonden aan $3.3V$. CLK heeft een 33Ω serieweerstand (R16) om de bronimpedantie te verhogen.

Exi-Electric

3.2 Audio

In dit ontwerp wordt gebruik gemaakt van de Texas Instruments TAS5805M D-classe audioversterker [8]. Er is voor deze IC gekozen omdat hij een ingebouwde DAC heeft, goede Europese beschikbaarheid, en kan communiceren over I2C. Hieronder wordt beschreven hoe de TAS5805M is aangesloten in het schema.

3.2.1 Bootstrap Capacitors

Elke kanaal van de speakers is verbonden met een externe bootstrap-pin. De datasheet dringt aan deze te verbinden met het bijbehorende kanaal via een $22\mu F$ condensator (Ca+, Ca-, Cb+, Cb-).

3.2.2 Decoupling

De datasheet raad aan grote transients te blokkeren met een lage ESR condensatoren (MLCC) van minimaal $22\mu F$ (C11, C12). Daarnaast voor kleine transients is er een $1\mu F$ geplaatst dichtbij de pin (C13).

3.2.3 LC-filtering

Om de EMI bij de uitgang te beperken moet er een LC-filter geplaatst worden. De datasheet geeft aan dat in het geval applicaties waarbij de ingangsspanning $< 12V$ is het acceptabel is te werken met ferritebeads. De overweging met ferrite beads is het maximalizeren van de weerstand voor een toegestaande current rating. Omdat de speakers rated zijn voor $5W/\text{Ch}$ kan de maximale stroom gevonden worden als:

$$I = \sqrt{\frac{V_{\text{max}}}{R_{\text{load}}}} = \sqrt{\frac{5W}{8\Omega}} = 0.8A \tag{5}$$

Wat gederate is naar $1A$, hierop gebasseerd is zijn PBY160808T ferrite beads geselecteerd [5] (La+, La-, Lb+, Lb-). Voor het condensator gedeelte van de LC-filter zijn 8 condensatoren van $1nF$ geplaatst tussen de speakeringang en GND (C31-C38). Deze condensatoren mogen volgens de datasheet een waarde tussen de $1nF - 2.2nF$ hebben, hoewel een hogere capaciteit een betere EMI-filtering verzorgt, wordt ook de lekstroom van de filter aanzienlijk verhoogd. Met oog op de batterijvoeding van de toepassing is er gekozen voor $1nF$, echter is dit iets om te heroverwegen als het nodig blijkt voor EMC-testing. De helft van de condensatoren heeft een series weerstand van 68Ω (R23-R26). De waarde van deze weerstanden is gebasseerd op de datasheet, echter zijn deze waardes verder niet gegrond.

3.2.4 Other

Het slave-adress van de TAS5805 is via R27 ($4.7k\Omega$) ingesteld, echter kan deze makkelijk veranderd worden door hier een andere weerstand te plaatsen. Voor meer informatie zie Tabel 7-5 uit de datasheet. Power down is verbonden via $10k\Omega$ pull-down (R30) en SDA en SCL via de gebruikelijke $10k\Omega$ pull-up (R28, R29)

EXFElectric

4 ESP32

Signal	Pad	Pad name	Destination	Description
EN	3	EN	SW1	Pull-down naar ground via SW1.
A0_0	4	IO4	DAC5571	Adress-Bit van DAC voor speaker wattage, pull-up naar $3.3V$
A0_1	5	IO5	LIS3DHTR	Adress-bit van de accelerometer, pull-down naar ground.
INT1	6	IO6	LIS3DHTR	Interrupt 1
INT2	7	IO7	LIS3DHTR	Interrupt 2
Vamp_EN	8	IO15	TPS61088	Enable boost-converter audio circuit
SW3	9	IO16	SW3	General purpose button
G	10	IO17	LED1	Active low RGB-LED groen
R	11	IO18	LED1	Active low RGB-LED rood
SDA	12	IO8	-	33Ω terminatie weerstand
Dneg	13	IO19	USB-C	33Ω terminatie weerstand
Dplus	14	IO20	USB-C	33Ω terminatie weerstand
SCL	17	IO9	-	33Ω terminatie weerstand
LRCLK	18	IO10	TAS5805	Word-Select clock
SCLK	19	IO11	TAS5805	Bit clock
SDIN	20	IO12	TAS5805	-
SDOUT	21	IO13	TAS5805	-
PDN	22	IO14	TAS5805	Active-low voor audio amplifier
PG	23	IO21	TPS6380	Power-good voor 3.3V, pull-up naar 18650
SW2	27	IO0	SW2	Boot mode switch
DAT2	28	IO35	SD	Zie Tabel 3.1.1
DAT3	29	IO36	SD	Zie Tabel 3.1.1
DAT0	30	IO37	SD	Zie Tabel 3.1.1
DAT1	31	IO38	SD	Zie Tabel 3.1.1
CLK	32	IO39	SD	Zie Tabel 3.1.1
CMD	33	IO40	SD	Zie Tabel 3.1.1
CD	34	IO41	SD	Zie Tabel 3.1.1
B	35	IO42	LED1	Active low RGB-LED blauw

Exi-Electric

Reference List

[1] Fenghua Advanced Technology. *FTC252012SR47MBCA: Power Inductor*. Fenghua Advanced Technology. URL: https://jlcpcb.com/partdetail/6763488-FTC252012SR47MBCA/C5832368.

[2] Lite-On Technology. *LTST-C190KGKT: SMD LED*. Lite-On Technology. URL: https://www.tme.eu/Document/02bca468f5ec2519e3018913b2ddaf5e/LTST-C190KGKT.pdf.

[3] Microchip Technology Inc. *MCP73831/2: Miniature Single-Cell Li-Ion/Li-Polymer Charge Management Controllers*. Microchip Technology Inc. URL: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP73831-Family-Data-Sheet-DS20001984H.pdf.

[4] PROD Technology. *PSPMAA0805-2R2M-ANP: Power Inductor*. PROD Technology. URL: https://www.lcsc.com/product-detail/power-inductors_prod-tech-pspmaa0805-2r2m-anp_C2962880.html.

[5] Pulse Electronics. *PBY160808T Series: Ferrite Beads*. Pulse Electronics. URL: https://www.mouser.fr/datasheet/3/203/1/DATASHEET_BBPY00160808_SERIES.pdf.

[6] STMicroelectronics. *LIS3DH: MEMS Digital Output Motion Sensor*. STMicroelectronics. URL: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/3c/ae/50/85/d6/b1/46/fe/CD00274221.pdf/files/CD00274221.pdf/jcr:content/translations/en.CD00274221.pdf.

[7] Texas Instruments. *DAC5571: 8-Bit, Single-Channel, 2.7-V to 5.5-V, I2C-Compatible Digital-to-Analog Converter*. Texas Instruments. URL: https://www.lcsc.com/datasheet/C2679619.pdf.

[8] Texas Instruments. *TAS5805M: 23-W Stereo, 45-W Mono, 4.5-V to 26.4-V Digital Input Audio Amplifier*. Texas Instruments. URL: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tas5805m.pdf.

[9] Texas Instruments. *TPS61088-Q1: 10-A, Fully Integrated Synchronous Boost Converter*. Texas Instruments. URL: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps61088-q1.pdf.

[10] Texas Instruments. *TPS63802: 2-A High-Efficiency Buck-Boost Converter*. Texas Instruments. URL: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps63802.pdf.

ExiElectric