

Hardware-Adapted Quantum Machine Learning: Supplementary materials

Ignacio Benito Acedo Blanco[†]

Javier González Conde

Pablo Rodríguez Grasa

This supplementary document provides additional details and analyses to complement the master's thesis. It includes extended numerical results, supplementary figures and tables, and any additional data that support the findings presented.

Specifically, this document is organized as follows:

Section 1: Detailed descriptions of [methods/experiments/analysis]. Section 2: Supplementary figures, tables, and datasets. Section 3: Additional discussions and extended results. These materials are intended to provide all necessary information to fully understand and validate the study's conclusions.

[†]100511795@alumnos.uc3m.es

			Gate			Mixed			Pulsed		
Dataset	Qubits	Layers	Train Loss	Train Acc	Test Acc	Train Loss	Train Acc	Test Acc	Train Loss	Train Acc	Test Acc
Corners	1	1	0.248±0.009	0.66±0.02	0.64±0.03	0.247±0.008	0.66±0.01	0.66±0.03	0.178±0.014	0.75±0.02	0.74±0.04
		2	0.212±0.015	0.70±0.03	0.70±0.01	0.209±0.016	0.71±0.03	0.68±0.01	0.135±0.014	0.81±0.03	0.79±0.02
		3	0.214±0.012	0.68±0.03	0.65±0.02	0.198±0.016	0.72±0.02	0.70±0.03	0.135±0.017	0.81±0.03	0.79±0.03
		4	0.186±0.016	0.73±0.03	0.68±0.03	0.184±0.011	0.75±0.03	0.70±0.03	0.148±0.021	0.79±0.04	0.77±0.04
		5	0.188±0.011	0.73±0.02	0.69±0.02	0.182±0.014	0.73±0.02	0.71±0.02	0.146±0.019	0.79±0.03	0.76±0.02
		6	0.183±0.015	0.72±0.02	0.69±0.03	0.178±0.013	0.74±0.02	0.69±0.03	0.132±0.023	0.82±0.04	0.77±0.05
		7	0.180±0.021	0.73±0.03	0.65±0.03	0.175±0.011	0.74±0.01	0.72±0.04	0.124±0.016	0.84±0.02	0.79±0.02
		8	0.178±0.015	0.75±0.03	0.68±0.02	0.176±0.014	0.75±0.02	0.71±0.05	0.124±0.019	0.83±0.03	0.79±0.04
	2	1	0.173±0.004	0.73±0.01	0.69±0.04	0.191±0.006	0.71±0.01	0.69±0.04	0.129±0.011	0.83±0.02	0.81±0.03
		2	0.158±0.011	0.76±0.02	0.74±0.02	0.170±0.011	0.74±0.03	0.72±0.02	0.127±0.014	0.82±0.05	0.79±0.02
		3	0.154±0.006	0.78±0.01	0.73±0.03	0.161±0.008	0.77±0.02	0.72±0.06	0.118±0.007	0.84±0.02	0.81±0.03
		4	0.147±0.013	0.78±0.03	0.72±0.02	0.157±0.006	0.77±0.02	0.72±0.03	0.105±0.011	0.86±0.02	0.84±0.04
		5	0.147±0.004	0.79±0.02	0.71±0.02	0.158±0.009	0.78±0.02	0.72±0.03	0.109±0.012	0.85±0.02	0.82±0.01
		6	0.144±0.006	0.79±0.01	0.73±0.04	0.158±0.007	0.78±0.02	0.71±0.03	0.107±0.008	0.86±0.02	0.81±0.04
		7	0.143±0.009	0.80±0.03	0.68±0.02	0.159±0.007	0.77±0.01	0.72±0.02	0.102±0.006	0.87±0.01	0.81±0.02
		8	0.142±0.005	0.79±0.01	0.72±0.01	0.154±0.009	0.79±0.02	0.68±0.02	0.104±0.004	0.86±0.01	0.81±0.05
Digits	1	1	0.246±0.028	0.63±0.03	0.60±0.07	0.245±0.028	0.62±0.06	0.61±0.06	0.148±0.011	0.80±0.02	0.80±0.03
		2	0.165±0.018	0.79±0.04	0.79±0.05	0.185±0.011	0.75±0.02	0.75±0.02	0.110±0.017	0.86±0.03	0.86±0.05
		3	0.171±0.020	0.77±0.03	0.76±0.04	0.160±0.023	0.78±0.04	0.78±0.04	0.110±0.016	0.86±0.04	0.87±0.03
		4	0.148±0.017	0.80±0.03	0.79±0.05	0.158±0.014	0.79±0.03	0.77±0.04	0.104±0.017	0.87±0.03	0.86±0.03
		5	0.153±0.027	0.79±0.04	0.77±0.06	0.149±0.022	0.79±0.05	0.77±0.09	0.095±0.014	0.89±0.02	0.89±0.03
		6	0.145±0.030	0.80±0.06	0.79±0.04	0.145±0.019	0.80±0.04	0.78±0.07	0.098±0.021	0.87±0.04	0.87±0.03
		7	0.138±0.024	0.82±0.03	0.79±0.05	0.151±0.026	0.79±0.05	0.76±0.07	0.092±0.012	0.88±0.02	0.88±0.05
		8	0.140±0.027	0.81±0.04	0.79±0.03	0.155±0.020	0.79±0.04	0.75±0.05	0.097±0.013	0.88±0.02	0.87±0.02
	2	1	0.215±0.014	0.67±0.04	0.64±0.06	0.225±0.013	0.64±0.03	0.62±0.07	0.119±0.022	0.84±0.05	0.82±0.07
		2	0.144±0.010	0.81±0.02	0.82±0.04	0.150±0.013	0.81±0.02	0.81±0.03	0.097±0.009	0.88±0.01	0.89±0.02
		3	0.132±0.015	0.83±0.03	0.80±0.05	0.143±0.015	0.82±0.03	0.81±0.04	0.088±0.016	0.90±0.03	0.89±0.04
		4	0.123±0.013	0.84±0.02	0.83±0.05	0.137±0.012	0.82±0.02	0.80±0.04	0.079±0.011	0.91±0.01	0.90±0.02
		5	0.124±0.020	0.84±0.04	0.80±0.05	0.134±0.021	0.83±0.04	0.78±0.06	0.070±0.010	0.92±0.01	0.90±0.03
		6	0.119±0.020	0.85±0.03	0.81±0.05	0.130±0.021	0.83±0.04	0.80±0.06	0.074±0.006	0.92±0.01	0.91±0.01
		7	0.114±0.018	0.86±0.03	0.82±0.06	0.132±0.017	0.83±0.02	0.79±0.06	0.070±0.008	0.93±0.01	0.92±0.02
		8	0.120±0.028	0.85±0.04	0.82±0.05	0.134±0.021	0.82±0.03	0.81±0.05	0.073±0.010	0.92±0.01	0.89±0.03
Fashion	1	1	0.112±0.010	0.85±0.01	0.84±0.02	0.111±0.010	0.85±0.02	0.84±0.02	0.121±0.017	0.85±0.04	0.80±0.03
		2	0.129±0.037	0.83±0.06	0.73±0.09	0.128±0.031	0.82±0.05	0.73±0.09	0.110±0.007	0.86±0.01	0.79±0.05
		3	0.100±0.025	0.87±0.04	0.78±0.09	0.104±0.017	0.86±0.03	0.76±0.09	0.118±0.024	0.85±0.04	0.79±0.01
		4	0.108±0.026	0.86±0.05	0.74±0.07	0.112±0.023	0.85±0.03	0.72±0.11	0.110±0.023	0.87±0.02	0.79±0.04
		5	0.097±0.023	0.88±0.03	0.77±0.08	0.105±0.016	0.86±0.03	0.77±0.05	0.112±0.024	0.85±0.04	0.81±0.04
		6	0.103±0.021	0.87±0.03	0.75±0.07	0.109±0.021	0.86±0.04	0.76±0.08	0.101±0.016	0.87±0.03	0.78±0.02
		7	0.095±0.014	0.88±0.02	0.77±0.07	0.107±0.017	0.86±0.02	0.75±0.02	0.101±0.015	0.86±0.03	0.77±0.09
		8	0.097±0.014	0.88±0.02	0.78±0.05	0.102±0.016	0.87±0.02	0.74±0.10	0.100±0.013	0.88±0.02	0.78±0.04
	2	1	0.106±0.010	0.86±0.01	0.84±0.02	0.106±0.010	0.86±0.02	0.84±0.02	0.113±0.009	0.86±0.01	0.79±0.04
		2	0.088±0.012	0.89±0.02	0.80±0.05	0.102±0.021	0.88±0.03	0.75±0.11	0.115±0.018	0.86±0.03	0.80±0.07
		3	0.085±0.015	0.90±0.02	0.81±0.08	0.098±0.011	0.88±0.01	0.79±0.07	0.103±0.009	0.87±0.01	0.82±0.06
		4	0.086±0.019	0.89±0.03	0.80±0.07	0.097±0.019	0.87±0.03	0.75±0.06	0.099±0.016	0.87±0.02	0.80±0.07
		5	0.081±0.016	0.90±0.02	0.79±0.07	0.092±0.019	0.89±0.03	0.74±0.08	0.093±0.014	0.88±0.03	0.81±0.05
		6	0.084±0.016	0.90±0.03	0.77±0.05	0.094±0.019	0.88±0.03	0.76±0.08	0.090±0.015	0.90±0.02	0.80±0.04
		7	0.084±0.013	0.89±0.02	0.80±0.07	0.093±0.016	0.89±0.02	0.77±0.06	0.088±0.013	0.89±0.02	0.77±0.04
		8	0.083±0.012	0.90±0.02	0.79±0.06	0.090±0.018	0.89±0.03	0.69±0.10	0.086±0.013	0.90±0.03	0.80±0.05

			Gate			Mixed			Pulsed		
Dataset	Qubits	Layers	Train Loss	Train Acc	Test Acc	Train Loss	Train Acc	Test Acc	Train Loss	Train Acc	Test Acc
Helix	1	1	0.245±0.023	0.67±0.04	0.65±0.03	0.243±0.024	0.70±0.03	0.66±0.04	0.231±0.009	0.58±0.02	0.58±0.05
		2	0.245±0.009	0.58±0.04	0.57±0.05	0.252±0.016	0.57±0.03	0.57±0.06	0.241±0.011	0.54±0.04	0.54±0.04
		3	0.225±0.012	0.65±0.02	0.62±0.02	0.241±0.007	0.62±0.02	0.60±0.04	0.232±0.013	0.60±0.02	0.60±0.03
		4	0.201±0.026	0.70±0.06	0.65±0.06	0.225±0.017	0.65±0.03	0.60±0.04	0.223±0.017	0.64±0.02	0.64±0.03
		5	0.193±0.011	0.72±0.02	0.68±0.04	0.206±0.010	0.69±0.03	0.64±0.04	0.223±0.016	0.62±0.04	0.60±0.05
		6	0.189±0.021	0.73±0.04	0.69±0.05	0.195±0.005	0.71±0.01	0.66±0.03	0.208±0.018	0.68±0.04	0.68±0.02
		7	0.183±0.010	0.73±0.03	0.68±0.06	0.195±0.013	0.71±0.02	0.66±0.05	0.208±0.011	0.66±0.04	0.66±0.05
		8	0.183±0.009	0.72±0.01	0.67±0.03	0.184±0.015	0.73±0.04	0.66±0.04	0.205±0.015	0.66±0.04	0.63±0.04
	2	1	0.229±0.016	0.66±0.06	0.63±0.04	0.234±0.020	0.68±0.06	0.66±0.03	0.238±0.009	0.55±0.05	0.51±0.07
		2	0.192±0.018	0.72±0.06	0.68±0.05	0.212±0.012	0.66±0.02	0.63±0.03	0.224±0.007	0.62±0.03	0.58±0.06
		3	0.162±0.013	0.80±0.04	0.74±0.06	0.192±0.011	0.71±0.03	0.67±0.02	0.206±0.007	0.66±0.04	0.64±0.03
		4	0.142±0.022	0.82±0.06	0.75±0.08	0.176±0.004	0.75±0.02	0.72±0.03	0.194±0.004	0.68±0.04	0.66±0.05
		5	0.130±0.013	0.84±0.04	0.77±0.05	0.158±0.010	0.79±0.02	0.71±0.05	0.184±0.003	0.71±0.01	0.69±0.03
		6	0.119±0.011	0.86±0.02	0.77±0.03	0.153±0.009	0.80±0.02	0.75±0.05	0.178±0.005	0.72±0.03	0.66±0.07
		7	0.117±0.005	0.85±0.01	0.78±0.05	0.144±0.006	0.81±0.02	0.73±0.07	0.179±0.010	0.73±0.02	0.69±0.05
		8	0.121±0.012	0.85±0.03	0.76±0.05	0.139±0.006	0.82±0.02	0.74±0.03	0.171±0.005	0.76±0.02	0.70±0.05
Shell	1	1	0.253±0.010	0.64±0.02	0.61±0.05	0.252±0.009	0.64±0.02	0.61±0.04	0.290±0.006	0.52±0.03	0.52±0.03
		2	0.242±0.022	0.63±0.04	0.59±0.03	0.242±0.013	0.63±0.03	0.58±0.02	0.157±0.009	0.79±0.02	0.78±0.02
		3	0.205±0.016	0.70±0.03	0.65±0.03	0.213±0.012	0.68±0.01	0.66±0.03	0.147±0.011	0.80±0.01	0.77±0.04
		4	0.200±0.012	0.70±0.01	0.65±0.04	0.213±0.012	0.69±0.03	0.64±0.05	0.133±0.007	0.82±0.03	0.80±0.04
		5	0.200±0.006	0.71±0.02	0.64±0.04	0.205±0.007	0.70±0.01	0.66±0.05	0.144±0.018	0.79±0.04	0.75±0.08
		6	0.193±0.020	0.72±0.03	0.65±0.03	0.209±0.013	0.69±0.02	0.65±0.05	0.130±0.015	0.83±0.05	0.80±0.05
		7	0.181±0.014	0.73±0.02	0.65±0.02	0.203±0.014	0.69±0.02	0.64±0.04	0.134±0.006	0.82±0.01	0.76±0.02
		8	0.184±0.006	0.73±0.02	0.64±0.04	0.193±0.013	0.71±0.03	0.66±0.03	0.121±0.017	0.85±0.04	0.80±0.03
	2	1	0.209±0.007	0.67±0.02	0.63±0.05	0.217±0.009	0.66±0.03	0.64±0.03	0.161±0.004	0.78±0.01	0.74±0.04
		2	0.187±0.009	0.72±0.03	0.64±0.05	0.194±0.009	0.71±0.02	0.66±0.04	0.131±0.009	0.85±0.03	0.80±0.05
		3	0.170±0.013	0.75±0.03	0.67±0.03	0.185±0.015	0.73±0.03	0.65±0.03	0.112±0.011	0.88±0.02	0.84±0.03
		4	0.163±0.008	0.77±0.02	0.69±0.04	0.182±0.012	0.72±0.02	0.65±0.04	0.103±0.012	0.90±0.02	0.85±0.03
		5	0.158±0.008	0.77±0.01	0.67±0.03	0.174±0.009	0.75±0.03	0.66±0.04	0.100±0.010	0.90±0.02	0.84±0.03
		6	0.155±0.013	0.78±0.02	0.66±0.03	0.176±0.008	0.75±0.02	0.64±0.04	0.104±0.007	0.89±0.02	0.85±0.02
		7	0.154±0.006	0.78±0.02	0.67±0.04	0.176±0.012	0.74±0.03	0.63±0.02	0.099±0.009	0.91±0.02	0.84±0.02
		8	0.154±0.008	0.78±0.01	0.64±0.02	0.165±0.011	0.76±0.02	0.62±0.02	0.091±0.005	0.91±0.02	0.85±0.03
Sinus	1	1	0.297±0.009	0.53±0.02	0.52±0.05	0.297±0.010	0.53±0.02	0.51±0.04	0.271±0.009	0.56±0.02	0.56±0.03
		2	0.276±0.008	0.56±0.02	0.51±0.02	0.285±0.009	0.55±0.02	0.53±0.03	0.234±0.011	0.63±0.03	0.61±0.02
		3	0.273±0.007	0.58±0.02	0.54±0.02	0.279±0.012	0.57±0.02	0.53±0.05	0.221±0.016	0.65±0.04	0.61±0.06
		4	0.266±0.003	0.56±0.01	0.51±0.03	0.265±0.008	0.57±0.01	0.55±0.05	0.207±0.010	0.68±0.02	0.66±0.03
		5	0.269±0.015	0.56±0.04	0.51±0.04	0.272±0.002	0.57±0.02	0.53±0.04	0.211±0.003	0.69±0.01	0.66±0.01
		6	0.252±0.010	0.60±0.01	0.51±0.03	0.263±0.007	0.59±0.03	0.52±0.04	0.204±0.011	0.69±0.04	0.65±0.03
		7	0.253±0.009	0.61±0.01	0.51±0.03	0.262±0.004	0.60±0.01	0.51±0.04	0.202±0.013	0.69±0.04	0.65±0.04
		8	0.251±0.010	0.61±0.03	0.52±0.02	0.256±0.008	0.60±0.03	0.51±0.02	0.194±0.012	0.71±0.02	0.63±0.02
	2	1	0.243±0.001	0.58±0.02	0.54±0.02	0.253±0.009	0.56±0.01	0.53±0.01	0.221±0.005	0.64±0.03	0.64±0.04
		2	0.239±0.006	0.60±0.02	0.53±0.04	0.251±0.013	0.57±0.03	0.54±0.03	0.201±0.007	0.68±0.03	0.68±0.03
		3	0.231±0.004	0.62±0.01	0.51±0.03	0.241±0.006	0.59±0.01	0.51±0.05	0.188±0.011	0.72±0.02	0.69±0.03
		4	0.226±0.007	0.63±0.01	0.51±0.01	0.237±0.006	0.61±0.02	0.55±0.02	0.179±0.010	0.74±0.01	0.69±0.04
		5	0.218±0.012	0.66±0.02	0.51±0.03	0.226±0.009	0.65±0.03	0.50±0.03	0.175±0.011	0.75±0.03	0.69±0.03
		6	0.214±0.007	0.67±0.01	0.53±0.04	0.229±0.007	0.63±0.03	0.52±0.02	0.170±0.007	0.75±0.01	0.70±0.03
		7	0.210±0.007	0.67±0.01	0.51±0.02	0.221±0.004	0.65±0.01	0.51±0.04	0.164±0.008	0.77±0.01	0.70±0.03
		8	0.212±0.007	0.67±0.01	0.50±0.03	0.215±0.005	0.67±0.01	0.50±0.03	0.165±0.009	0.76±0.01	0.72±0.02

Table 1: Results for different datasets. The values represent the mean of the loss function, training accuracy, and test accuracy, along with their corresponding standard deviations, averaged over five independent runs.